



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 8 日
Date of Application:

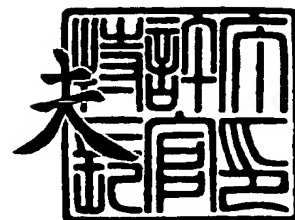
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 2 3 8 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 2 3 8 3]


出 願 人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫





【書類名】 特許願

【整理番号】 02J04423

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 11/105 571
G11B 11/24

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 宮西 晋太郎

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 藤 寛

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 小嶋 邦男

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電磁界発生素子、情報記録再生ヘッドおよび情報記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、電流が狭窄される狭窄部を有した導体が積層された基板とを有し、前記光源からの光が前記狭窄部に照射されると、前記狭窄部に近接場を発生することを特徴とする電磁界発生素子。

【請求項 2】

前記狭窄部の厚さは前記光源からの光の波長以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁界発生素子。

【請求項 3】

前記狭窄部周辺に金属微粒子を配置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電磁界発生素子。

【請求項 4】

前記導体と前記基板との間に軟磁性層を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の電磁界発生素子。

【請求項 5】

前記軟磁性層が軟磁性絶縁体であることを特徴とする請求項 4 に記載の電磁界発生素子。

【請求項 6】

前記導体と前記基板との間に前記基板側から順に導電性金属層および絶縁層が形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の電磁界発生素子。

【請求項 7】

前記狭窄部は、前記導体の電流方向に対する両側端部のそれぞれから一つずつ積層面上を延びるように窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されており、

前記導電性金属層は、前記導体の凹部のそれぞれに略沿った形状の凹部を有し、前記導体の凹部の最も窪んだ領域と、前記導体の凹部に略沿った形状の前記導

電性金属層の凹部の最も窪んだ領域とは、前記基板の面に垂直な方向に見て同じ位置にあることを特徴とする請求項 6 に記載の電磁界発生素子。

【請求項 8】

前記狭窄部は、前記導体の電流方向に対する両側端部のそれぞれから一つずつ積層面上を延びるように窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されており、

前記導電性金属層は、前記導体の一方の凹部側から前記導体の各凹部に沿って延びる一つの凹部を有し、前記導電性金属層の凹部の最も窪んだ領域が前記導体の他方の凹部側に位置していることを特徴とする請求項 6 に記載の電磁界発生素子。

【請求項 9】

前記光源が半導体レーザ素子であって、前記半導体レーザ素子と前記導体とが一体化形成されたことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載の電磁界発生素子。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の電磁界発生素子と、光を検出する電磁界検出器とを備え、前記狭窄部からの近接場により前記情報記録媒体を昇温して前記狭窄部で発生する磁界により情報記録媒体の所定の位置に情報を記録する、または、近接場により昇温された前記情報記録媒体の記録情報を前記光源から前記狭窄部に照射された光の反射光を前記電磁界検出器が検出することにより得て情報を再生することを特徴とする情報記録再生ヘッド。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の情報記録再生ヘッドと、前記情報記録再生ヘッドを前記情報記録媒体の所定の位置へ移動させる移動手段とを備えたことを特徴とする情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁界と近接場とを発生する電磁界発生素子、情報記録再生ヘッドお

よび情報記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、光アシスト磁気記録は、次世代高密度磁気記録の有望な技術として注目を浴びている。この技術は、熱揺らぎに強い高保磁力を有する磁気記録媒体に対して磁気記録を行う物である。具体的には、磁気記録媒体の表面に光を集光し、局所的に磁気記録媒体の温度を上げる。温度が上がった部位では、磁気記録媒体の保磁力が減少するため、通常の磁気ヘッドによる磁気記録が可能になる。更なる高密度磁気記録を達成する為には、集光スポットサイズをより小さくする必要があり、近年、光の回折限界を超えた近接場を用いた技術が考案されている。例えば、特許文献1には、薄膜トランデュースからのヨーク延長部によって磁気ギャップを近接場が発生する開口部近傍に設けることで近接場による光アシスト磁気記録を可能にしている。

【0003】

【特許文献1】

特開 2001-319365号公報（公開日 2001年11月16日）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記従来構成では、薄膜磁気トランデュースからのヨーク延長部による磁気ギャップを用いた磁気記録再生においては、ヨーク延長部において磁界の減衰または遅延という問題が生じ、高周波磁気記録再生を行うためには不向きである。

【0005】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、その目的は、近接場による光アシスト磁気記録再生の高周波磁気記録再生において、磁界の減衰または遅延を低減させることができる電磁界発生素子、情報記録再生ヘッドおよび情報記録再生装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、光源と、電流が狭窄される狭窄部を有した導体が積層された基板とを有し、前記光源からの光が前記狭窄部に照射されると、前記狭窄部に近接場を発生することを特徴とする。

【0 0 0 7】

これによれば、電流経路が導体に設けられた狭窄部で狭窄され、強い磁界が導体の狭窄部近傍において発生するので、所望の位置に磁界を発生させるためには狭窄部が所望の位置にあれば良い。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少なく、高周波磁気記録再生に適した電磁界発生素子を提供できる。

【0 0 0 8】

また、導体に電流を流し、狭窄部に光を照射することにより、狭窄部から磁界および近接場が発生するので、磁界および近接場をほぼ同じ位置で発生させることができ、所望の位置で磁界および近接場を得ることができる電磁界発生素子を簡単な構成の導体によって提供することができる。

【0 0 0 9】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、前記狭窄部の厚さは前記光源からの光の波長以下であることを特徴とする。

【0 0 1 0】

これによれば、前記光源からの光がレーザ光であれば、基板側からレーザ光を狭窄部に照射することによって、狭窄部の厚さはレーザ光の波長以下であるのでレーザ光が照射された狭窄部のレーザ光照射面およびレーザ光照射面に対向した狭窄部の面において表面プラズモンが励起されることとなり、狭窄部のレーザ光照射面で励起される表面プラズモンおよび狭窄部のレーザ光照射面に対向した面で励起される表面プラズモンが共鳴し合うので、狭窄部で発生する近接場を強くすることができる。

【0 0 1 1】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加え

て、前記狭窄部周辺に金属微粒子を配置したことを特徴とする。

【0012】

これによれば、光源からの光により金属微粒子からも表面プラズモンが励起され、狭窄部で励起された表面プラズモンと共鳴しあうので、狭窄部近傍で発生する近接場を強くすることができる。

【0013】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、前記導体と前記基板との間に軟磁性層を有することを特徴とする。

【0014】

これによれば、導体に流された電流により狭窄部で発生する磁束が、軟磁性層によって収束されるため、狭窄部近傍での磁束密度が増加し、強い磁界を得ることができる。

【0015】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、前記軟磁性層が軟磁性絶縁体であることを特徴とする。

【0016】

これによれば、軟磁性層での磁界の変化によって生じる渦電流を抑えることができるので、磁場損失を低減することができ、狭窄部近傍において強い磁界を得ることができる。

【0017】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、前記導体と前記基板との間に前記基板側から順に導電性金属層および絶縁層が形成されていることを特徴とする。

【0018】

これによれば、導体に電流が流されると、絶縁層によって導電性金属層への漏れ電流が防止されるので磁場損失を低減することができ、導電性金属層によって強い磁界が得られる。

【0019】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて

て、前記狭窄部は、前記導体の電流方向に対する両側端部のそれぞれから一つずつ積層面上を延びるように窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されており、前記導電性金属層は、前記導体の凹部のそれぞれに略沿った形状の凹部を有し、前記導体の凹部の最も窪んだ領域と、前記導体の凹部に略沿った形状の前記導電性金属層の凹部の最も窪んだ領域とは、前記基板の面に垂直な方向に見て同じ位置にあることを特徴とする。

【0020】

これによれば、導電性金属層の凹部が前記導体の凹部に略沿った形状であって、両者の最も窪んだ領域が、基板の面に垂直な方向に見て同じ位置にあるので、前記導電性金属層での磁場変化による渦電流の方向を、前記狭窄部の電流の方向と同一方向とすることができる。従って、渦電流による磁界および狭窄部に流れる電流による磁界が強めあうので、狭窄部近傍における磁界の強さを強くすることができる。

【0021】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、前記狭窄部は、前記導体の電流方向に対する両側端部のそれぞれから一つずつ積層面上を延びるように窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されており、前記導電性金属層は、前記導体の一方の凹部側から前記導体の各凹部に沿って延びる一つの凹部を有し、前記導電性金属層の凹部の最も窪んだ領域が前記導体の他方の凹部側に位置していることを特徴とする。

【0022】

これによれば、導電性金属層の凹部が、導体の一方の凹部側から導体の各凹部に沿って延び、最も窪んだ領域が導体の他方の凹部側に位置しているので、前記導電性金属層での磁場変化による渦電流の方向を前記狭窄部の一方の側面において、電流の方向と同一方向とすることができる。従って、前記狭窄部で発生する磁界の位置を選択できる。

【0023】

本発明の電磁界発生素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、前記光源が半導体レーザ素子であって、前記半導体レーザ素子と前記導体と

が一体化形成されたことを特徴とする。

【0024】

これによれば、光源として半導体レーザの光による近接場を発生することができ、半導体レーザ素子に一体化形成するので、電磁界発生素子の信頼性向上および生産性向上を実現することができる。

【0025】

本発明の情報記録再生ヘッドは、上記の課題を解決するために、前記電磁界発生素子と、光を検出する電磁界検出器とを備え、前記狭窄部からの近接場により前記情報記録媒体を昇温して前記狭窄部で発生する磁界により情報記録媒体の所定の位置に情報を記録する、または、近接場により昇温された前記情報記録媒体の記録情報を前記光源から前記狭窄部に照射された光の反射光を前記電磁界検出器が検出することにより得て情報を再生することを特徴とする。

【0026】

これによれば、情報記録媒体の微小領域を昇温することにより記録または再生する、近接場による光アシスト磁気記録再生であって、狭窄部で発生する近接場により効率よく情報記録媒体を昇温することができ、狭窄部近傍で発生する強い磁界による磁気記録が可能であり、また、近接場によって昇温された情報記録媒体に記録されている磁気信号による電気分極情報を光源から狭窄部に照射された光の反射光を電磁界検出器が検出することにより得て、情報記録媒体に記録されている情報を再生することができる。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した情報記録再生ヘッドを提供できる。また、光の回折限界を越えた微小領域での近接場による光アシスト磁気記録再生のための情報記録再生ヘッドを実現することができる。また、強い近接場を得ることができるので、高保磁力を有する情報記録媒体に対する記録または再生を行う情報記録再生ヘッドを提供することができる。

【0027】

本発明の情報記録再生装置は、上記の課題を解決するために、前記情報記録再生ヘッドと、前記情報記録再生ヘッドを前記情報記録媒体の所定の位置へ移動さ

せる移動手段とを備えたことを特徴とする。

【0028】

これによれば、情報記録媒体の所望の位置に情報記録再生ヘッドを移動することができ、情報記録媒体の所望の位置において、情報記録媒体の微小領域を昇温することにより記録または再生する、近接場による光アシスト磁気記録再生であって、狭窄部で発生する近接場により効率よく情報記録媒体を昇温することができ、狭窄部近傍で発生する強い磁界による磁気記録が可能であり、また、近接場によって昇温された情報記録媒体に記録されている磁気信号による電気分極情報を前記光源からの光の反射光を電磁界検出器が検出することにより得て、情報記録媒体に記録されている情報を再生することができる。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した情報記録再生装置を提供できる。また、光の回折限界を越えた微小領域での近接場による光アシスト磁気記録再生のための情報記録再生装置を実現することができる。また、強い近接場を得ることができるので、高保磁力を有する情報記録媒体に対する記録または再生を行う情報記録再生装置を提供することができる。

【0029】

【発明の実施の形態】

（実施の形態1）

本発明の実施の一形態について図1から図6を用いて説明すれば、以下の通りである。

【0030】

図1は、本発明における第1の実施の形態の電磁界発生素子17の概略図である。図1(a)は本実施の形態の電磁界発生素子17を上から見た模式図であり、図1(b)は、本実施の形態の電磁界発生素子17を横から見た模式図である。図1(a)・(b)に示すように、電磁界発生素子17は、板状の導体11が積層された基板10と、レーザ光発生部14と、集光レンズ13とを備えている。導体11は狭窄部12を有している。狭窄部12は、導体11において電流1

8が流れる方向（紙面上部側から紙面下部側へ向かう方向）に対して積層面上で直交する方向に延びるように、電流方向の両側端部のそれぞれから一つずつ窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されている。さらに、光源であるレーザ光発生部14からのレーザ出射光16は集光レンズ13を介して基板10下側から導体11の狭窄部12に入射される。

【0031】

ここで、導体11は、電気伝導率が高いAu、Pt、Ag、Cuなどの金属である。また、基板10は、Si、Ge等のIV属半導体、GaAs、AlGaAs、GaN、InGaN、InSb、GaSb、AlNに代表されるIII-V属化合物半導体、または、ZnTe、ZnSe、ZnS、ZnO等のII-VI属化合物半導体、ZnO、Al₂O₃、SiO₂等の酸化物絶縁体、または、SiNなどの窒化物絶縁体、または、ガラス、または、プラスチックである。

【0032】

次に、帯状の導体11に形成されている狭窄部12の構成および狭窄部12で発生する磁界について、図2を用いて説明する。図2は、図1(a)の狭窄部12を拡大した図である。

【0033】

狭窄部12は、図2に示すように、略半円状の凹部によって形成された導体11の最も狭い箇所の周縁間距離である線幅mを有し、上記略半円の直径2a、すなわち、半円の中心部20または21から導体11の凹部の周縁までの距離の2倍の長さを有している。また、狭窄部12の厚さは、レーザ光発生部14から出射されるレーザ光の波長以下に設定されている。

【0034】

電流18が導体11に流されると、電流18の電流経路は狭窄部12の周縁に沿った18aおよび18bのようにU字状となり、狭窄部12の周囲に発生する磁界は、右ねじの法則により、狭窄部12の電流方向に対して右側となる側面22では紙面表面側から紙面裏面側に向かう磁界、狭窄部12の電流方向に対して左側となる側面23では紙面裏面側から紙面表面側に向かう磁界、狭窄部12の表面25（図1(b)参照）の上では表面25に対して平行な磁界となる。また

、磁界の強さは、側面 22 および 23 の近傍ではほぼ同じである。

【0035】

ここで、中心部 20 または中心部 21 における磁界の強さ H は、狭窄部 12 の長さを $2a$ 、線幅を m 、電流を I とすると、以下の式により導かれる。

【0036】

【数 1】

$$H = \frac{I}{4m} \ln \left(\frac{m+a}{a} \right)$$

【0037】

たとえば、狭窄部 12 の長さ $2a$ を $1\mu\text{m}$ 、狭窄部 12 の線幅 m を $1\mu\text{m}$ とし、電流 I が 100mA である場合に、半円の中心部 20 および 21 における磁界の強さは、 17.3kA/m ($=2180\text{e}$) である。

【0038】

狭窄部 12 の線幅 m を小さくすれば、狭窄部 12 近傍で強い磁界を発生する事ができる。これにより、狭窄部 12 の線幅 m は、 $1\mu\text{m}$ 以下にすることが望ましい。しかしながら、導体 11 に流れる電流 18 が大きい場合、狭窄部 12 が電気抵抗により破壊される場合がある。この破壊を防止するために、例えば電流 18 が 100mA 程度であれば、狭窄部 12 の断面積は、 6400nm^2 程度より大きく、狭窄部 12 の長さ $2a$ は、 $20\mu\text{m}$ 以下にすることが望ましい。

【0039】

次に、光源としてのレーザ光発生部 14 からの光であるレーザ出射光 16 が導体 11 の狭窄部 12 に照射された場合の表面プラズモン励起について図 1 (b) を用いて説明する。

【0040】

レーザ光発生部 14 からのレーザ出射光 16 が集光レンズ 13 を介して基板 10 側から狭窄部 12 に照射されることで、基板 10 と導体 11 との界面に電界ベクトルが界面に対して垂直である表面プラズモン 19a が励起される。また、狭窄部 12 の厚さにより、基板 10 と狭窄部 12 との界面に対向した導体 11 の表面 25 にも表面プラズモンが励起される。ここで、狭窄部 12 に照射されるレー

ザ出射光 16 の電界ベクトルは基板 10 の導体 11 が設けられた面に平行な面に対して垂直な p 波が望ましい。

【0041】

表面プラズモン 19a が基板 10 と狭窄部 12 との界面に対向した表面 25 に励起されるための狭窄部 12 の厚さは、表面プラズモンの侵入長より小さい必要がある。ここで、表面プラズモンの侵入長とは、光照射の境界面での電界成分を 1 として、電界成分が $e^{-1} \sim 0.368$ になる境界面からの長さである。

【0042】

表面プラズモン 19a が生じる複素屈折率の条件および表面プラズモンの侵入長 d は、金属（ここでは導体 11）の複素屈折率 N_{metal} 、金属に接する層（ここでは基板 10）の複素屈折率 N_i 、照射される光（ここではレーザ出射光 16）の波長 λ および入射角 f によって表される。ここで、金属の複素屈折率 N_{metal} は、実部である金属の屈折率を n_{metal} および虚部である金属の消衰係数を k_{metal} とすると、 $N_{\text{metal}} = n_{\text{metal}} + i k_{\text{metal}}$ （ i は、虚数単位）で表され、金属に接する層の複素屈折率 N_i は、実部である屈折率を n_i および虚部である消衰係数を k_i とすると、 $N_i = n_i + i k_i$ （ i は、虚数単位、 n_i は、 $k_i \leq n_i \leq 0$ ）で表される。

【0043】

表面プラズモン 19a が生じる複素屈折率の条件は、基板 10 がレーザ出射光 16 に対して透明であるので消衰係数 $k_i = 0$ とした上で、以下の通りとなる。

【0044】

【数 2】

$$n_i^2 \sin^2 \phi - k_{\text{metal}}^2 + n_{\text{metal}}^2 < 0$$

【0045】

表面プラズモンの侵入長 d は、表面プラズモン 19a が生じる複素屈折率の条件が成立する場合に、以下の式で表される。

【0046】

【数3】

$$d = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{k_{\text{metal}}^2 + 2n_{\text{metal}}k_{\text{metal}} - n_{\text{metal}}^2 - n_i^2 \sin^2 \phi}$$

【0047】

たとえば、レーザ出射光16の波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 、レーザ出射光16の入射角 $\phi = 85^\circ$ 、基板10の屈折率 $n_i = 2.3$ （例えば、ZnS）である場合、導体11がAu、Agのように金属の屈折率 n_{metal} が1より小さく金属の消衰係数 k_{metal} が3より大きい金属では、表面プラズモンの侵入長 $d = \text{約} 450 \text{ nm}$ であり、導体11がPt、Al、Pdのように金属の屈折率 n_{metal} が1より大きく金属の消衰係数 k_{metal} が3より大きい金属では、表面プラズモンの侵入長 $d = \text{約} 770 \text{ nm}$ となりレーザ出射光16の波長程度となる。また、レーザ出射光16の波長 $\lambda = 400 \text{ nm}$ 、レーザ出射光16の入射角 $\phi = 85^\circ$ の場合、導体11がAu、Agでは、表面プラズモンの侵入長 $d = \text{約} 230 \text{ nm}$ であり、Pt、Al、Pdでは、表面プラズモンの侵入長 $d = \text{約} 395 \text{ nm}$ となる。ここで、導体11に電流18が流されることによって、狭窄部12が破壊されないように、狭窄部12の線幅 m は狭窄部12の断面積が約 6400 nm^2 より大きくなるような線幅とする。

【0048】

たとえば、狭窄部12の断面積が矩形であって、レーザ出射光16の波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 、レーザ出射光16の入射角 $\phi = 85^\circ$ 、基板10の屈折率 $n_i = 2.3$ （例えば、ZnS）である場合、導体11がAu、Agであるときには、狭窄部12の線幅 m は約 15 nm 、導体11がPt、Al、Pdであるときには、狭窄部12の線幅 m は約 9 nm となる。また、レーザ出射光16の波長 $\lambda = 400 \text{ nm}$ 、レーザ出射光16の入射角 $\phi = 85^\circ$ の場合、導体11がAu、Agであるときには、狭窄部12の線幅 m は約 28 nm 、導体11がPt、Al、Pdであるときには、狭窄部12の線幅 m は約 17 nm となる。

【0049】

狭窄部12の厚さが、上述の表面プラズモンの侵入長以下に設定され、レーザ出射光16が狭窄部12に照射されると、狭窄部12と基板10との界面、およ

び狭窄部 12 と基板 10 との界面に対向した表面 25 において表面プラズモン 19b が励起され、狭窄部 12 と基板 10 との界面に対向した表面 25 から近接場が発生することになる。さらに、少なくとも狭窄部 12 において、導体 11 と基板 10 との界面に対向した表面 25 が、基板 10 と同じ屈折率 n_i をもつ材質のコーティング層 26 (図 1 (b) 参照) でコーティングされると、狭窄部 12 の両界面、すなわち、基板 10 との界面およびコーティング層 26 との界面、で励起される表面プラズモンの位相のズレが少なくなり、両界面で励起される表面プラズモンが効率良く共鳴するので、コーティング層 26 の表面 27 から、より強い近接場が発生される。

【0050】

以上のように、本実施の形態の電磁界発生素子 17 によれば、電流 18 が導体 11 を流れると、狭窄部 12 の表面 25 の面に対して平行な磁界が発生し、狭窄部 12 にレーザ出射光 16 が基板 10 側から照射されることにより、狭窄部 12 の表面 25 の面に対して垂直な電界ベクトルによる表面プラズモンが励起され、狭窄部 12 の表面 25 から近接場が発生される。

【0051】

上述の構成によれば、従来技術のように所望の位置での磁界発生をヨーク延長部によって行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した電磁界発生素子を提供できる。また、導体 11 に電流 18 を流し、狭窄部 12 にレーザ出射光 16 を照射することにより、狭窄部 12 近傍において磁界および近接場が発生するので、磁界と近接場とをほぼ同じ位置で発生させることができ、所望の位置で磁界および近接場を得ることができる電磁界発生素子 17 を、簡単な構成の導体を用いることによって提供することができる。

【0052】

あるいは、本実施の形態の電磁界発生素子 17 では、狭窄部 12 近傍において、磁界発生と近接場発生とをほぼ同じ位置で行うことができるので、磁界発生を行う／行わないまたは近接場発生を行う／行わないといった制御も可能となる。

【0053】

次に、導体 11 に設けられる狭窄部 12 のその他の形状について、図 3 から図 6 を用いて説明する。ただし、図 3 から図 6 の電磁界発生素子は、レーザ光発生部 14 および集光レンズ 13 を省略している。

【0054】

図 3 は、二端子を有した導体に狭窄部を設けた変形例 1 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。図 3 に示すように、変形例 1 の電磁界発生素子 17a は、基板 10 と、基板 10 上に設けられた板状の導体 31 とを備えている。導体 31 は、並置された 2 つの矩形板状の端子 31a・31b と、端子 31a と端子 31b とを接続する狭窄部 12 とを備えている。狭窄部 12 は、積層面上を端子 31a および端子 31b の両方から離れる方向に向かって凸となる弧状の導体層である。言い換えれば、前記狭窄部 12 は、導体 31 において電流 38 が流れる方向（紙面下部側から紙面上部側へ向かう方向）に対して、積層面上で直交する方向に延びるように電流方向の一方の片側端部を窪ませ他方の片側端部を膨らませたことによって形成されている。

【0055】

電流 38 が端子 31a から端子 31b に向かって流されたとき、電流 38 は狭窄部 12 において狭窄される。このとき、狭窄部 12 近傍で発生する磁界の向きは、右ねじの法則により、狭窄部 12 の、電流の向きに対して左側となる側面 33 において、紙面裏面側から紙面表面側に向かう方向であり、狭窄部 12 の、電流の向きに対して右側となる側面 34 において、紙面表面側から紙面裏面側に向かう方向である。また、狭窄部 12 における電流 38 の電流密度は、狭窄部 12 において紙面下部（側面 34 側）に向かうほど大きいので、狭窄部 12 における磁界の強さは、狭窄部 12 の側面 34 側が強く、側面 33 に向かうに従って弱くなる。従って、本形状は狭窄部 12 の側面 34 近傍の垂直磁界発生に適している。

【0056】

図 4 は、三端子を有した導体に狭窄部を設けた変形例 2 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。図 4 に示すように、変形例 2 の電磁界発生素子 17b は、3 つの端子 41a・41b・41c を有した板状の導体 41 が基板 10 上に積

層された構成である。端子 41a・41b・41c は一箇所で接続されており、それぞれがこの接続箇所から帯状をなして放射状に延びている。導体 41 の 1 つの端子 41a の放射終端側から接続箇所に向かって電流 40a が流され、接続箇所から他の 2 つの端子 41b および 41c の放射終端側に向かってそれぞれ電流 40b および電流 40c が流される。ここで、端子 41b と端子 41c とが端子 41a を挟むようになっている。そして、電流 40a の電流経路と電流 40b の電流経路とがなす角度、および、電流 40a の電流経路と電流 40c の電流経路とがなす角度が、それぞれ鋭角となるように端子 41a・41b・41c の放射角度が設定されている。電流が狭窄される狭窄部としては、端子 41a・41b・41c の接続箇所に形成されており、端子 41a と端子 41b とが交わる領域に狭窄部 12b が、また、端子 41a と端子 41c とが交わる領域に狭窄部 12a がそれぞれ形成されている。

【0057】

このとき、狭窄部 12a における磁界は、端子 41a と端子 41c とにより挟まれる側に形成される側面 43 において、電流 40a および電流 40c により強め合った紙面裏面側から紙面表面側に向かう方向であり、狭窄部 12b における磁界は、端子 41a と端子 41b とにより挟まれる側に形成される側面 44 において、電流 40a および電流 40b により強め合った紙面表面側から紙面裏面側に向かう方向である。また、端子 41b と端子 41c とにより挟まれる側と反対側に形成される側面 45 における磁界は、端子 41a から端子 41b へ向かう電流の向きと、端子 41a から端子 41c へ向かう電流の向きとが反対であるため、電流による発生する磁界は互いに打ち消し合い、側面 43 および側面 44 に比べて弱い磁界となる。この形状では、狭窄部の表面に平行な磁界の強さを、図 1 で示した実施の形態の形状に比べて強くすることができる。

【0058】

図 5 は、四端子を有した導体に狭窄部を設けた変形例 3 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。図 5 に示すように、変形例 3 の電磁界発生素子 17c は、4 つの端子 51a・51b・51c・51d を有した板状の導体 51 が基板 10 上に積層された構成である。端子 51a～51d は一箇所で接続されており、

それぞれがこの接続箇所から帯状をなして四方に放射状に延びている。同図では、時計回りに端子 5 1 a、端子 5 1 c、端子 5 1 d、端子 5 1 b の順で各端子が配置されている。端子 5 1 a の放射終端側から接続箇所に向かって電流 5 8 a が流され、これが接続箇所から、端子 5 1 a と隣り合う端子 5 1 c の放射終端側に向かって流される。このとき、接続箇所の、端子 5 1 a と端子 5 1 c とが交わる領域に形成される狭窄部 1 2 a によって電流が狭窄される。また、端子 5 1 b の放射終端側から接続箇所に向かって電流 5 8 b が流され、これが接続箇所から、端子 5 1 b と隣り合う端子 5 1 d の放射終端側に向かって流される。このとき、接続箇所の、端子 5 1 b と端子 5 1 d とが交わる領域に形成される狭窄部 1 2 b によって電流が狭窄される。

【0059】

電流 5 8 a と電流 5 8 b とが同じ大きさである場合、右ねじの法則により、接続箇所の狭窄部 1 2 a が形成される側の側面 5 3 において、紙面裏面側から紙面表面側に向かう磁界が発生し、接続箇所の狭窄部 1 2 b が形成される側の側面 5 4 において、紙面表面側から紙面裏面側に向かう磁界が発生し、それぞれの磁界の強さは同じ強さになる。また、電流 5 8 a と電流 5 8 b とにより、接続箇所の端子 5 1 a と端子 5 1 b とが交わる領域側の側面 5 5、および、接続箇所の端子 5 1 c と端子 5 1 d とが交わる領域側の側面 5 6 における磁界は、互いに打ち消し合う。従って、この形状においては、導体 5 1 の端子から流される電流の経路を変更することにより、磁界発生領域を制御することが可能となる。

【0060】

図 6 は、四端子を有した導体に狭窄部を設けた変形例 4 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。図 6 に示すように、変形例 4 の電磁界発生素子 1 7 d の構成は、変形例 1 (図 3) で述べた、凸を有した弧状の導体により接続された二端子の導体を 2 つ用い、基板 1 0 上に一方の凸部と他方の凸部とを対向させた構成である。一方の導体 6 1 に流される電流 6 8 a が導体 6 1 の端子 6 1 a から端子 6 1 b に向かう方向に流され、他方の導体 6 2 に流される電流 6 8 b が、端子 6 1 b と対向する端子 6 2 b から端子 6 1 a と対向する端子 6 2 a 側へ向かうように、すなわち電流 6 8 a の向きに対して反対に流された場合、導体 6 1 の狭窄

部 12a の凸部と導体 62 の狭窄部 12b の凸部との間の領域 64 において、磁界は紙面表面側から紙面裏面側に向かう方向に強めあうことになり、変形例 1 で述べた形状に比べて 2 倍の磁界の強さを得ることができる。ここで、対向した導体 61 および導体 62 の端子の一方を電流が流れる方向に沿って接続することにより、同じ電流源で磁界を発生させることが可能になる。

【0061】

(実施の形態 2)

本発明の第 2 の実施の形態について、図 7 から図 12 を用いて説明すれば、以下の通りである。なお、前記実施の形態 1 で述べた部材と同等の機能を有する部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0062】

図 7 は、第 1 の実施の形態における電磁界発生素子 17 に電磁界検出器を備えた断面図である。図 7 に示すように、本発明の第 2 の実施の形態は、電磁界発生素子 17 においてレーザ出射光 16 が狭窄部 12 に照射されると、狭窄部 12 で全反射されたレーザ反射光 71 は、集光レンズ 72 を介して電磁界検出器であるレーザ光検出部 75 に集光される。

【0063】

レーザ光検出部 75 は、近接場および磁界が発生された電磁界発生素子 17 の狭窄部 12 からのレーザ反射光 71 の偏光方向変化および強度変化を検出することで狭窄部 12 近傍での外部電気分極を検出することができる。すなわち、狭窄部 12 の近傍に外部電気分極が存在する場合、レーザ光検出部 75 は、外部電気分極と狭窄部 12 の表面プラズモンの分極とが相互作用するので、狭窄部 12 近傍の外部電気分極を検出することができる。たとえば、磁気記録媒体が近接場によって加熱されると、加熱された領域の記録マークから電気分極が発生し、この記録マークの電気分極と近接場分極との相互作用がレーザ反射光 71 の偏光方向変化および強度変化としてレーザ光検出部 75 で検出されるので、磁気記録媒体の情報を読み取ることができる。

【0064】

次に、図 8 から図 10 を用いて、他のレーザ光入射形態およびレーザ光検出形

態について説明する。

【0065】

図8は、電磁界発生素子17に電磁界検出器を備えた第2の実施の形態の変形例1の断面図である。図8に示すように変形例1は、基板10がレーザ出射光16を透過しない場合の形態であり、レーザ光発生部14からのレーザ出射光16が導体11側からレーザ狭窄部12に照射され、狭窄部12で全反射したレーザ反射光71が集光レンズ72で集光され、レーザ光検出部75がレーザ反射光17の偏光方向および強度変化を検出することで外部電気分極を検出することができる。

【0066】

図9は、電磁界発生素子17に電磁界検出器を備えた第2の実施の形態の変形例2の断面図である。図9に示すように変形例2は、基板10上に光導波路93が設けられ、光導波路93上に狭窄部12を有した導体11が設けられている。レーザ光発生部14およびレーザ光検出部75は互いの間に光導波路93を介するように設けられており、レーザ光発生部14からのレーザ出射光16は、光導波路93内で全反射しながら、導体11に設けられた狭窄部12に照射され、狭窄部12において全反射したレーザ反射光71が、光導波路93内で全反射しながら、レーザ光検出部75に入射される。このとき、レーザ光発生部14と光導波路93との間に反射防止膜91を介することで、光導波路93で発生する反射光がレーザ光発生部14に戻ることを防止でき、レーザ光検出部75が検出する外部電気分極のS/N比を向上することができる。

【0067】

ここで、反射防止膜91の屈折率を n_1 、レーザ出射光16の波長を λ とすれば、反射防止膜91の膜厚 b は、 $b = \lambda / 4 n_1$ により導かれる。

【0068】

たとえば、レーザ出射光16の波長が780nmであれば、光導波路93がガラスの場合、反射防止膜91の材質は MgF_2 ($n_1 = \text{約} 1.35$) が好ましく、その膜厚は約144nmであり、あるいは、光導波路93がAs化合物半導体 ($GaAs$ 、 $AlAs$ 、 $InAs$) の場合、反射防止膜91の材質は Al_2O_3 (n

n_1 =約 1.8) が好ましく、その膜厚は約 108 nm である。また、レーザ出射光 16 の波長が 400 nm であれば、光導波路 93 が窒化合物半導体 (AlN、GaN、InN) の場合、反射防止膜 91 の材質は SiO₂ (n_1 =約 1.5) が好ましく、その膜厚は約 67 nm である。

【0069】

図 10 は、電磁界発生素子 17 に電磁界検出器を備えた第 2 の実施の形態の変形例 3 の断面図である。図 10 に示すように、変形例 3 は、基板 10 上に光導波路 93 が設けられ、基板 10 を基板面の法線と垂直な方向から挟むようにプリズム 100a およびプリズム 100b が設けられ、さらにプリズム 100a およびプリズム 100b を基板面の法線と垂直な方向から挟むようにレーザ光発生部 14 およびレーザ光検出部 75 が設けられている。また、光導波路 93 の、基板 10 と対向した面とは反対側の面に低屈折率膜 101 が設けられ、低屈折率膜 101 の、導波路 93 とが対向した面とは反対側の面に、狭窄部 12 を有した導体 11 が設けられている。

【0070】

レーザ光発生部 14 からのレーザ出射光 16 は、プリズム 100a を介して、光導波路 93 から導体 11 に設けられた狭窄部 12 直下の低屈折率膜 101 において全反射され、全反射されたレーザ反射光 71 が光導波路 93 からプリズム 100b を介してレーザ光検出部 75 に入射される。このとき、導体 11 に設けられた狭窄部 12 直下の低屈折率膜 101 と光導波路 93 との界面で表面プラズモンが励起できるようにレーザ出射光 16 の波長に対して入射角が決定される。たとえば、レーザ出射光 16 の波長が 780 nm である場合、プリズム 100a、100b および基板 10 がガラス (屈折率=約 1.4)、プリズム間の距離 l を約 2 μ m、光導波路 93 の厚さ b を約 300 nm、低屈折率膜 101 の材質を MgF₂ または LiF (いずれも屈折率=約 1.35) とし、レーザ出射光 16 が低屈折率膜 101 に対して 80° の入射角 ϕ で入射されとした場合、プリズム 100a におけるレーザ受光面と光導波路 93 とが成す角度 θ 、およびプリズム 100b におけるレーザ出光面と光導波路 93 とが成す角度 θ は、いずれも 60° であればよい。

【0071】

また、導体11側にプリズム100a、100b、レーザ光発生部14、レーザ光検出部75を設けても良い。

【0072】

次に、レーザ光発生部として半導体レーザ素子を用い、狭窄部を有した導体およびレーザ光発生部を一体形成した電磁界発生素子について、図11および図12を用いて説明する。

【0073】

図11は、狭窄部を有した導体およびレーザ光発生部を一体形成した電磁界発生素子の一例である。図11(a)は、前記電磁界発生素子の斜視図であり、図11(b)は、前記電磁界発生素子の奥行方向の略中央における断面図である。

【0074】

まず、半導体レーザ素子110は、VSI S構造を有する半導体レーザ素子を用いて構成している。この半導体レーザ素子110は、図11(b)の下側から順に、p-Au電極111、p-GaAs基板112、n-GaAs電流閉じ込め層113、p-AlGaAs下クラッド層114、発光層としてのp-AlGaAs活性層115、n-AlGaAs上クラッド層116、および、n-Au電極117を備える。上記電流閉じ込め層113は、所定間隔をおいて幅方向両側に形成し、この幅方向両側の電流閉じ込め層113の間に、上記下クラッド層114のストライプ部120を形成している。この下クラッド層114のストライプ部120は、断面が略逆三角形をなし、光学素子の幅方向略中央に位置すると共に奥行方向に延在している。上記活性層115の図11(a)における手前側の端面115aと、奥側の端面とで、レーザ共振器を形成している。表面プラズモン取り出し部としての開口122が発光層としての活性層115の側方に配置され、開口122に誘電体薄膜123を介して狭窄部12を有した導体11が一体形成されている。

【0075】

また、半導体レーザ素子110の開口122近傍を詳細に説明すると、半導体レーザ素子110の側面121に、遮蔽層としての金属膜118を配置し、この

金属膜 118 の上記活性層 115 に対応する位置に、表面プラズモン取り出し部としての開口 122 を形成している。上記金属膜 118 は、表面プラズモンの侵入長以上の厚みに形成して、上記開口 122 以外の部分から表面プラズモンが漏れないようにしている。この金属膜 118 と光学素子の側面 121 との間には、金属膜 118 による電極 111, 117 間の短絡を防ぐため、絶縁層 119 を設けている。

【0076】

図 11 (a)、(b) に示すように、半導体レーザ素子 110 は、下クラッド層 114 のストライプ部 120 を半導体レーザ素子 110 の側面近傍に配置している。これによって、活性層 115 において、発光領域を半導体レーザ素子 110 の側面に接して生成するようにしている。そして、上記発光領域で生成されるレーザ光のうち、TE モードのレーザ光を用いて表面プラズモンを生成するようにしている。すなわち、上記活性層 115 の側面においてレーザ光が全反射する際、表面プラズモンが生成され、この表面プラズモンを取り出すため、活性層 115 の側方に開口 122 を配置している。

【0077】

開口 122 から取り出された表面プラズモンにより、誘電体薄膜 123 を介して狭窄部 12 を有した導体 11 から近接場が発生される。

【0078】

これによれば、活性層 115 の活性領域が小さくなりレーザの閉じ込め効率が向上されることにより微小領域でのレーザ強度が強くなり、狭窄部 12 で発生する近接場が強くなる。また、半導体レーザ素子に直接形成することにより、生産性が向上する。

【0079】

本例の狭窄部を有した導体およびレーザ光発生部を一体形成した電磁界発生素子において、外部電気分極を検出するために、上記活性層 115 におけるレーザ発振の閾値電流の変化を検出する。この閾値電流の変化を測定することによって、上記外部電気分極の存在が検出される。また、電流閉じ込め層 113 の面積に対する表面プラズモンが発生する狭窄部 12 の反射断面積の割合が高くなるため

、検出信号の S/N が良くなる。

【0080】

以上のように、狭窄部 12 を有した導体 11 および半導体レーザ素子 110 を一体形成した電磁界発生素子によれば、電磁界発生素子の信頼性向上および生産性向上を実現することができる。

【0081】

次に、狭窄部を有した導体およびレーザ光発生部を一体形成した電磁界発生素子の変形例を図 12 を用いて説明する。

【0082】

図 12 (a) は狭窄部を有した導体およびレーザ光発生部を一体形成した電磁界発生素子の変形例の概略上面図であり、図 12 (b) は本変形例の概略断面図である。図 12 (b) に示すように、狭窄部を有した導体およびレーザ光発生部を一体形成した電磁界発生素子の変形例は、レーザ光発生部 14 のレーザ光出射端面にレーザ出射光 16 集光のためのレンズ 128 が設けられ、レンズ 128 とレーザ光出射端面との界面に対向したレンズ 128 の面に基板 10 が設けられ、基板 10 とレンズ 128 との界面に対向した基板 10 の面に狭窄部 12 を有した導体 11 が設けられている。ここで、レーザ出射光 16 集光のためのレンズ 128 は、回折レンズあるいはソリッドイマルジョンレンズが望ましい。

【0083】

レーザ光発生部 14 から出射されたレーザ出射光 16 は、レンズ 128 により、電界ベクトルの方向が変換されて、狭窄部 12 に p 偏光のレーザ出射光 16 が集光されるので、狭窄部 12 での表面プラズモンは効率よく励起される。

【0084】

また、本変形例における外部電気分極の検出は、先述した方法と同様に、レーザ発振の閾値電流の変化を測定することによって、外部電気分極の存在が検出される。

【0085】

(実施の形態 3)

本発明の第 3 の実施の形態について、図 13 から図 15 を用いて説明すれば、

以下の通りである。なお、前記実施の形態1または実施の形態2で述べた部材と同等の機能を有する部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0086】

図13は本発明の第3の実施の形態における電磁界発生素子の概略図である。図13(a)は、本発明の第3の実施の形態における電磁界発生素子の概略斜視図である。本発明の第3の実施の形態は、図13に示すように、図1に示した電磁界発生素子17において、レーザ光発生部14、集光レンズ13は省略しており、導体11に設けられた狭窄部12の近傍に近接場発生の為の金属微粒子130aの層130が形成されている。図13(b)は図13(a)の概略平面図であり、導体11の狭窄部12近傍に形成された金属微粒子層130が形成される領域を示している。図13(c)は、図13(a)の断面図であり、基板10上に導体11が設けられ、導体11に金属微粒子層130が形成され、絶縁層142がコーティングされている。

【0087】

ここで、金属微粒子130aは、表面プラズモンが励起され易いAu、Cu、Pt、Agが望ましく、あるいは、誘電体微粒子(SiO₂、プラスチック)に金属(例えば、Au、Cu、Pt、Ag)コーティングを施したものでも良い。また、金属微粒子130aの粒径は、100nm以下が望ましい。

【0088】

また、金属微粒子層130をコーティングする絶縁層142の材質としては、実施の形態1で述べた、表面プラズモンの励起条件を満たす屈折率を持つ物質が望ましく、赤色波長領域で望ましい物質は、例えばSiO₂等が挙げられる。

【0089】

絶縁層142でコーティングすることにより、導体11と金属微粒子層130との絶縁および金属微粒子層130の固定を行うことができ、狭窄部12では、漏れ電流が生じないようにすることができる。ここで、金属微粒子130と導体11とは絶縁しておくことが好ましい。

【0090】

レーザ光発生部からレーザ出射光が狭窄部12に照射されると、狭窄部12近

傍では、狭窄部 12 で励起された表面プラズモンと金属微粒子層 130 で励起された表面プラズモンとの結合により、より強い表面プラズモンが励起され、狭窄部 12 近傍における近接場が増強される。また、金属微粒子層 130 では、照射される光の電界ベクトルが S 波の光であっても、表面プラズモンが励起され、このときの励起される表面プラズモンの電界方向は照射される光の電界ベクトルと平行である。

【0091】

金属微粒子層 130 の形成方法としては、図 14 に示すように、基板 10 上に設けられた導体 11 に金属微粒子 130a の付着を防止する領域にレジスト 141a および 141b を塗り（図 14 (a)）、金属微粒子 130a が混入された有機溶剤 143 を導体 11 の表面に塗布（図 14 (b)）し、乾燥させて有機溶剤のみを蒸発させ、狭窄部 12 の近傍に金属微粒子層 130 を形成させた後、レジスト 141a および 141b をリフトオフし（図 14 (c)）、絶縁層 142 をコーティングする（図 14 (d)）。

【0092】

また、導体 11 の所望の領域外に金属微粒子 130a が付着するのを防止する方法として、表面化学処理を導体 11 の所望の領域に施した後、金属微粒子 130a が混入された有機溶剤 143 を導体 11 の表面に塗布することによって、金属微粒子 130a を選択的に付着させることができる。

【0093】

次に、本発明の第 3 の実施の形態に係わる他の形態について、図 15 を用いて説明する。図 15 は、第 1 の実施の形態で説明した図 3 で示した狭窄部を有した導体に金属微粒子層を設けた概略上面図である。

【0094】

図 15 に示すように、第 3 の実施の形態の他の形態において、金属微粒子層 130 は、狭窄部 12 および端子 31a と端子 31b とにより囲まれた基板 10 上に設けられている。

【0095】

そして、第 3 の実施の形態の他の形態では、照射される光の電界ベクトルが S

波の場合、表面プラズモンの電界方向は照射される光の電界ベクトルと平行であり、磁界の方向は、狭窄部 12 の表面に対して垂直な磁界となる。

【0096】

したがって、第 3 の実施の形態によると、金属微粒子層 130 が設けられることによって、照射される光が P 波であれば、励起される表面プラズモンを増強させ、より強い近接場を得ることができ、照射される光が S 波であっても、金属微粒子層 130 の領域でプラズモンを励起させることができ、近接場を得ることができる。

【0097】

(実施の形態 4)

本発明の第 4 の実施の形態について、図 16 から図 19 を用いて説明すれば、以下の通りである。なお、前記実施の形態 1 ないし実施の形態 3 で述べた部材と同等の機能を有する部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0098】

図 16 は、本発明の第 4 の実施の形態における電磁界発生素子の概略断面図である。図 16 に示す電磁界発生素子 161 は、図 1 に示した電磁界発生素子 17 において、レーザ光発生部 14、集光レンズ 13 は省略しており、基板 10 上に光導波路 93 が設けられ、光導波路 93 と導体 11 との間に軟磁性層 170 が設けられている。軟磁性層 170 は、酸化物軟磁性体（軟磁性絶縁体）であるフェライトまたはガーネットが望ましく、軟磁性層 170 の膜厚は数 μm が望ましい。

【0099】

導体 11 と光導波路 93 との間に軟磁性層 170 を設けることによって、導体 11 に設けられた狭窄部 12 において発生した磁束が、軟磁性層 170 によって収束されるため、狭窄部 12 近傍での磁束密度が増加し、強い磁界を得ることができる。また、軟磁性層 170 は電気抵抗が大きいので、高速反転磁界による軟磁性層 170 内で発生する渦電流が抑制されるので、狭窄部 12 近傍において発生した磁界の損失を低減させることができる。

【0100】

次に、本実施の形態の変形例 1 について、図 17 を用いて説明する。図 17 は、本実施の形態の変形例 1 における電磁界発生素子の断面図である。図 17 に示す電磁界発生素子 162 は、図 1 に示した電磁界発生素子 17 において、レーザ光発生部 14、集光レンズ 13 は省略しており、基板 10 上に導電性金属層 180 を設け、導電性金属層 180 と導体 11 との間に光導波路 93 が設けられている。導電性金属層 180 は、パーマロイが望ましく、導電性金属層 180 の膜厚は数 μm が望ましい。また、導体 11 に電流が流された場合、導体 11 から導電性金属層 180 への電流漏れを防止するために絶縁層を形成することが望ましく、本変形例 1 では光導波路 93 が絶縁層として形成されている。光導波路 93 によって導電性金属層 180 への漏れ電流が防止されるので磁場損失を低減することができ、導電性金属層 180 によって強い磁界が得られる。

【0101】

本変形例 1 では、前述の実施の形態と同じく、狭窄部 12 近傍での磁界の強さが増強される効果に加えて、前述の実施の形態に較べ、室温での製作が可能となるので、生産性が向上し、より安価に電磁界発生素子を製造することができる。

【0102】

本実施の形態の他の変形例について、図 18 ないし図 20 を用いて説明する。図 18 は、本実施の形態の変形例 2 における電磁界発生素子 163 の断面図および上面図である。図 18 (a) に示す電磁界発生素子 163 の断面図は、図 1 に示した電磁界発生素子 17 において、レーザ光発生部 14、集光レンズ 13 は省略しており、構成は図 17 の電磁界発生素子 162 と同様であるが、導電性金属層 180 は、導体 11 の狭窄部 12 を形成する凹部に略沿って延びる凹部 190 を有している。本実施の形態の変形例 2 の電磁界発生素子 163 では、この凹部 190 の設け方に二通りあり、それらの上面図をそれぞれ図 18 (b) および図 18 (c) に示す。図 18 (b) では、導電性金属層 180 に設けられた凹部 190 として、導体 11 の狭窄部 12 を形成する各凹部の形状に略沿った U 字状の凹部 190a および凹部 190b が形成されており、狭窄部 12 の各凹部の最も窪んだ領域と、凹部 190a・190b のそれぞれの最も窪んだ領域とは、基板 10 の面に垂直な方向に見て同じ位置となっている。また、図 18 (c) では、

導電性金属層 180 に設けられた凹部 190 として、導体 11 の狭窄部 12 を形成する二つの凹部のうちの一方から他方へ向かって狭窄部 12 と対向する箇所を横切るように延びる一つの U 字状の凹部 190c が形成されている。凹部 190c の最も窪んだ領域は上記他方の凹部側にあり、狭窄部 12 の上記他方側の凹部側にある側面の直下付近に位置している。

【0103】

導体 11 において、高周波交流磁界により磁場がスイッチングされると、導電性金属層 180 には電磁誘導による渦電流が発生するが、この渦電流を防止したい場合がある。

【0104】

まず、図 18 (b) で説明した凹部を有する導電性金属層 180 における渦電流の経路について、説明する。図 18 (b) に示すように、導体 11 に電流 18 が紙面左側から紙面右側に流されると、導電性金属層 180 内で発生する渦電流は、渦電流 195a および 195b で示すように、凹部 190a および 190b に沿って流れるので、狭窄部 12 直下においては電流 18 の向き、渦電流 195a および 195b の向きが同一方向である。従って、凹部 190a および 190b が最も窪んだ領域すなわち狭窄部 12 の側面において、電流 18 による磁界と渦電流 195a および 195a による磁界とがお互いに強め合う方向に磁界が発生し、磁界の強さを強くすることができる。

【0105】

次に、図 18 (c) で説明した凹部を有する導電性金属層 180 における渦電流の経路について、説明する。図 18 (c) に示すように、導体 11 に電流 18 が紙面左側から紙面右側に流されると、導電性金属層 180 内で発生する渦電流は、渦電流 195c で示すように、凹部 190c に沿って流れるので、凹部 190c が最も窪んだ領域すなわち狭窄部 12 の一方の側面においては、電流 18 の向きと渦電流 195c の向きとが反対方向であるため磁界の強さは小さく、狭窄部 12 の他方の側面においては、電流 18 の向きと渦電流 195c の向きとが同一方向であるため磁界の強さは大きくなる。したがって、磁界を発生させる位置は、狭窄部 12 の 2 つの側面のいずれか一方とすることができる。

【0106】

また、図19は導電性金属層に凹部を設けた変形例3の上面図である。変形例3の電磁界発生素子164は、実施の形態1で述べた図6の形態を有した導体61および導体62を用いており、導体61の下方に光導波路93を介して導電性金属層180aが、導体62の下方に光導波路93を介して導電性金属層180bがそれぞれ設けられている。導電性金属層180aは、端子61a、狭窄部12a、および端子61bで囲まれるU字状領域の下方にこの領域の形状に略沿ったU字状の凹部190dを有している。導電性金属層180bは、端子62a、狭窄部12b、および端子62bで囲まれるU字状領域の下方にこの領域の形状に略沿ったU字状の凹部190eを有している。凹部190dの最も窪んだ領域は、導体61の狭窄部12aを形成する凹部の最も窪んだ領域と、基板10の面に垂直に見て同じ位置となっている。凹部190eの最も窪んだ領域は、導体62の狭窄部12bを形成する凹部の最も窪んだ領域と、基板10の面に垂直に見て同じ位置となっている。

【0107】

本発明の実施の形態1で述べたように、導体61には端子61aから端子61bに向かう電流68aが流され、導体62には端子62bから端子62aに向かう電流68bが流されると、導体61直下にある導電性金属層180a内の渦電流は端子61a側から端子61b側へ向かう渦電流200aが発生し、導体62直下にある導電性金属層180b内の渦電流は端子62bから端子62a側へ向かう渦電流200bが発生する。したがって、導体61の狭窄部12aの両側面において、電流の方向68aおよび渦電流の方向200aが同一方向となり、また、導体62の狭窄部12bの両側面において、電流の方向68bおよび渦電流の方向200bが同一方向となることにより、狭窄部12aおよび狭窄部12bの近傍では、強い磁界が発生する。

【0108】

ここで、光導波路93は、狭窄部12aおよび12bにレーザ光が照射されるように設けられていれば良く、導電性金属層180aの凹部190dおよび導電性金属層180bの凹部190eに対して平行に設けても良い。

【0109】

図20は、導電性金属層に凹部を設けた変形例4の上面図である。変形例4の電磁界発生素子165は、実施の形態1で述べた図3の形態を有した導体31（図3とは天地が逆転）を用いており、光導波路93を介して導電性金属層180が設けられている。導電性金属層180は、端子31a、狭窄部12、および端子31bで囲まれるU字状領域に略沿ったU字状の凹部190fを有している。凹部190fの最も窪んだ領域は、導体31の狭窄部12を形成する凹部の最も窪んだ領域と、基板10の面に垂直に見て同じ位置となっている。

【0110】

本発明の実施の形態1で述べたように、導体31に電流38が端子31aから31bに向かって流されると、導体31直下にある導電性金属層180内の渦電流は端子31aから端子31bに向かう渦電流197が発生する。従って、導体31の狭窄部12において、電流の方向38および渦電流の方向197が同一方向となることにより、実施の形態1の変形例1（図3）に比べ、狭窄部12の側面34近傍の垂直磁界をより強くすることができる。

【0111】

また、渦電流の防止に関しては、実施例に無くとも、導電性金属層180内で発生する渦電流の経路が導体の狭窄部12直下において導体を流れる電流の方向と同一方向になるような構造で有ればよい。

【0112】

（実施の形態5）

本発明の第5の実施の形態について、図21から図22を用いて説明すれば、以下の通りである。なお、前記実施の形態1ないし実施の形態4で述べた部材と同等の機能を有する部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0113】

図21は実施の形態1ないし実施の形態4で示した電磁界発生素子および電磁界検出器を搭載した情報記録再生ヘッドの概略斜視図である。図21に示すように、本実施の形態の情報記録再生ヘッド213は、基板10に光導波路93が設けられ、光導波路93を介してレーザ光発生部14とレーザ検出器75とが基板

10に設けられ、狭窄部12を有した導体31が光導波路93と基板10との界面に対向した光導波路93の面に設けられている。また、金属微粒子層130が、導体31の各端子および狭窄部12に囲まれた領域に形成されている。すなわち、情報記録再生ヘッド213は、図3の導体31に図15の金属微粒子層130を設けたものと、図9の位置関係にある光導波路93、レーザ光発生部14、およびレーザ検出器75とを、基板10上に設けたものである。

【0114】

次に、本実施の形態の情報記録再生ヘッド213が情報記録媒体に対して、記録または再生する動作について、図22を用いて説明する。図22(a)は、本実施の形態の情報記録再生ヘッド213および情報記録媒体220の正面断面図であり、図22(b)は、本実施の形態の情報記録再生ヘッド213および情報記録媒体220を情報記録再生ヘッド213側から見た平面図である。図22に示す情報記録媒体220は、基板220bおよび記録面220aで構成されており、希土類遷移金属磁気記録媒体あるいはFePt系磁気記録媒体などである。

【0115】

まず、記録時の動作について説明する。情報記録再生ヘッド213のレーザ光発生部14からレーザ出射光16が再生レベルより強く設定されている記録レベルで導体31に設けられた金属微粒子層130に照射されると、近接場233が情報記録媒体220の記録面220aに照射され、情報記録媒体220の記録面220aに昇温エリア235が発生し、昇温エリア235内に記録温度以上のエリアが発生する。また、導体31に電流38が図22(b)に示すように紙面上面側から紙面下面側に向かって流されると、導体31に設けられた狭窄部12において、磁界237が発生するので、昇温エリア235内の記録温度以上のエリアと磁界237とが重なったエリアにおいて、近接場による光アシスト磁気記録が実現される。

【0116】

次に、再生時の動作について説明する。情報記録再生ヘッド213のレーザ光発生部14からレーザ出射光16が再生レベルで導体31に設けられた金属微粒子層130に照射されると、記録マーク241による電気分極と金属微粒子層1

30で励起された近接場233の分極とが相互作用し、この相互作用によりレーザ反射光71の偏光方向変化および強度変化が発生するため、レーザ反射光71をレーザ光検出部75で検出することによって、記録マーク241の磁気情報を得ることができる。

【0117】

あるいは、レーザ出射光16が再生レベルで金属微粒子層130に照射されなくとも、記録マーク241が発生する磁界に対して導体31に設けられた狭窄部12が横切ると、導体31に誘導電流が発生する。この誘導電流の変化を検出することによって、記録マーク241の磁気情報を得ることができる。

【0118】

上述のように、本実施の形態では、情報記録媒体220の微小領域を昇温することにより、記録または再生する近接場による光アシスト磁気記録再生であって、狭窄部12で発生する近接場233により効率よく情報記録媒体220を昇温することができ、狭窄部近傍で発生する強い磁界による磁気記録が可能であり、また、近接場233によって昇温された情報記録媒体220に記録されている記録マーク241による電気分極情報をレーザ出射光16の反射光であるレーザ反射光71によってレーザ光検出部75が検出することにより、情報記録媒体220に記録されている情報を得ることができる。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済み、ヨーク延長部での磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した情報記録再生ヘッドを提供できる。あるいは、光の回折限界を越えた微小領域での近接場による光アシスト磁気記録再生のための情報記録再生ヘッドを実現することができる。また、強い近接場を得ることができるので、高保磁力を有する情報記録媒体に対する記録または再生を行う情報記録再生ヘッドを提供することができる。

【0119】

(実施の形態6)

本発明の第6の実施の形態について、図23から図25を用いて説明すれば、以下の通りである。なお、前記実施の形態1ないし実施の形態5で述べた部材と同等の機能を有する部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0120】

図23は、本実施の形態の情報記録再生装置の主要部の構成を示す斜視図である。図23に示すように、本実施の形態の情報記録再生装置221は、情報記録再生ヘッド213がスライダ212に取り付けられており、回転する情報記録媒体220の記録面220a（図22（a））を滑走する。情報記録再生ヘッド213と情報記録媒体220の記録面220aとの距離（フライングハイト）は、100nm以下に設定されている。また、スライダ212はアーム211によって支持され、移動手段であるアクチュエータ225によって情報記録媒体220の記録トラックを走査する。

【0121】

図24は、本実施の形態の情報記録再生装置221の記録再生系の構成を示す概略ブロック図である。上位装置から記録または再生を制御する記録再生制御端子252と、上位装置から記録データが入力される入力端子251と、上位装置へ再生データを出力する出力端子262とを有し、記録再生制御端子252は記録または再生を制御する記録再生制御部258に接続され、入力端子251は記録データを記録信号化するデータ記録部253に接続され、出力端子262は再生信号を符号化するデータ再生部261に接続される。記録再生制御部258は、データ記録部253、データ再生部261、レーザ発光部255のレーザ駆動電流を制御するレーザ駆動部254、データ記録部253からの記録信号から記録磁界を発生させる磁界発生部257の電流を制御する電流制御部259に接続される。

【0122】

レーザ光検出部256は、記録再生制御部258からの指示により、レーザ光発生部255からの反射光を受光し、情報記録媒体220と近接場との相互作用による偏光方向変化および強度変化を検出し、検出結果をデータ再生部261に出力する。電流制御部259は、データ記録部253からの記録信号および記録再生制御部258からの指示により、磁界発生部257に対して記録データに応じた電流を発生させる。電流検出部260は、記録再生制御部258からの指示により、レーザ光発生部255により発生される近接場によって情報記録媒体2

20の昇温エリアの磁気信号を読み取り、データ再生部261に再生信号を出力する。

【0123】

次に記録、再生時の動作について説明する。記録時は、記録再生制御部258からの指示で、レーザ駆動部254が再生時より大きい駆動電流でレーザ光発生部255を駆動し、レーザ光発生部255は再生時より強いレーザ出射光を磁界発生部257に照射する。また、記録再生制御部258からの指示により、データ記録部253は、入力端子251からの記録データを記録信号に変換して電流制御部259へ出力し、電流制御部259が記録信号に応じた電流を磁界発生部257へ出力することにより、磁界発生部257は記録磁界を発生させる。レーザ出射光により磁界発生部257で励起された表面プラズモンによる近接場が情報記録媒体220を記録時に必要な温度に昇温させ、磁界発生部257による記録磁界により、情報記録媒体220に記録マークが記録される。

【0124】

再生時は、記録再生制御部258からの指示で、レーザ駆動部254が記録時より小さい駆動電流でレーザ光発生部255を駆動し、レーザ光発生部255は記録時より弱いレーザ出射光を磁界発生部257に照射する。レーザ出射光により磁界発生部257で励起された表面プラズモンによる近接場が情報記録媒体220を再生時に必要な温度に昇温させ、記録再生制御部258からの指示で、レーザ光検出部256は、レーザ出射光の反射光を受光して情報記録媒体220の記録マークの情報を検出し、データ再生部261に再生信号を出力し、また、記録再生制御部258からの指示で、情報記録媒体220の記録マークの磁気信号が磁界発生部257により変換された電流を電流検出部260が検出してデータ再生部261に検出信号を出力する。データ再生部261は、記録再生制御部258からの指示で、電流検出部260の検出信号およびレーザ光検出部256の再生信号より、再生データに変換し出力端子262に再生データ出力させる。

【0125】

上述のように、本発明の実施の形態では情報記録媒体220の所望の位置に情報記録再生ヘッドを移動することができ、情報記録媒体220の所望の位置にお

いて、情報記録媒体 220 の微小領域を昇温することにより、記録または再生する近接場による光アシスト磁気記録再生であって、狭窄部 12 で発生する近接場により効率よく情報記録媒体 220 を昇温することができ、狭窄部近傍で発生する強い磁界による磁気記録が可能であり、また、近接場によって昇温された情報記録媒体 220 に記録されている記録マークによる電気分極情報をレーザ光発生部 255 からのレーザ光の反射光によってレーザ光検出部 256 が検出することにより、情報記録媒体 220 に記録されている情報を再生することができる。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した情報記録再生装置を提供できる。あるいは、光の回折限界を越えた微小領域での近接場による光アシスト磁気記録再生のための情報記録再生装置を実現することができる。また、強い近接場を得ることができるので、高保磁力を有する情報記録媒体に対する記録または再生を行う情報記録再生装置を提供することができる。

【0126】

次に、本実施の形態に係る情報記録再生装置の他の構成について図 25 を用いて説明する。本情報記録再生装置は、情報記録再生ヘッドとして半導体レーザ素子に狭窄部を有した導体が一体形成された電磁界発生素子を用いた形態である。図 25 は、本情報記録再生装置の記録再生系の構成を示す概略ブロック図である。なお、前述した部材と同等の機能を有する部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0127】

前述の情報記録再生装置との違いについて説明すると、レーザ光発生部 255 におけるレーザ発振の閾値電流変化を検出するレーザ閾値電流検出部 273 がレーザ光発生部 255 に接続されており、レーザ閾値電流検出部 273 は、情報記録媒体 220 の電気分極を検出し、データ再生部 261 に再生信号を出力する。また、レーザ閾値電流検出部 273 は、記録再生制御部 258 の指示により制御される。

【0128】

従って、本実施の形態においては、情報記録再生ヘッドの構成を簡素化できるので、安価に信頼性の高い情報記録再生装置を提供することができる。

【0129】

【発明の効果】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、光源と、電流が狭窄される狭窄部を有した導体が積層された基板とを有し、前記光源からの光が前記狭窄部に照射されると、前記狭窄部に近接場を発生する構成である。

【0130】

それゆえ、電流経路が導体に設けられた狭窄部で狭窄され、強い磁界が導体の狭窄部近傍において発生するので、所望の位置に磁界を発生させるためには狭窄部が所望の位置にあれば良い。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少なく、高周波磁気記録再生に適した電磁界発生素子を提供できるという効果を奏する。

【0131】

また、導体に電流を流し、狭窄部に光を照射することにより、狭窄部から磁界および近接場が発生するので、磁界および近接場をほぼ同じ位置で発生させることができ、所望の位置で磁界および近接場を得ることができる電磁界発生素子を簡単な構成の導体によって提供することができるという効果を奏する。

【0132】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記狭窄部の厚さは前記光源からの光の波長以下の構成である。

【0133】

それゆえ、前記光源からの光がレーザ光であれば、基板側からレーザ光を狭窄部に照射することによって、狭窄部の厚さはレーザ光の波長以下であるのでレーザ光が照射された狭窄部のレーザ光照射面およびレーザ光照射面に対向した狭窄部の面において表面プラズモンが励起されることとなり、狭窄部のレーザ光照射面で励起される表面プラズモンおよび狭窄部のレーザ光照射面に対向した面で励起される表面プラズモンが共鳴し合うので、狭窄部で発生する近接場を強くする

ことができるという効果を奏する。

【0134】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記狭窄部周辺に金属微粒子を配置した構成である。

【0135】

それゆえ、光源からの光により金属微粒子からも表面プラズモンが励起され、狭窄部で励起された表面プラズモンと共鳴しあうので、狭窄部近傍で発生する近接場を強くすることができるという効果を奏する。

【0136】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記導体と前記基板との間に軟磁性層を有する構成である。

【0137】

それゆえ、導体に流された電流により狭窄部で発生する磁束が、軟磁性層によって収束されるため、狭窄部近傍での磁束密度が増加し、強い磁界を得ることができるという効果を奏する。

【0138】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記軟磁性層が軟磁性絶縁体である構成である。

【0139】

それゆえ、軟磁性層での磁界の変化によって生じる渦電流を抑えることができるので、磁場損失を低減することができ、狭窄部近傍において強い磁界を得ることができるという効果を奏する。

【0140】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記導体と前記基板との間に前記基板側から順に導電性金属層および絶縁層が形成されている構成である。

【0141】

それゆえ、導体に電流が流されると、絶縁層によって導電性金属層への漏れ電流が防止されるので磁場損失を低減することができ、導電性金属層によって強い

磁界が得られるという効果を奏する。

【0142】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記狭窄部は、前記導体の電流方向に対する両側端部のそれぞれから一つずつ積層面上を延びるように窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されており、前記導電性金属層は、前記導体の凹部のそれぞれに略沿った形状の凹部を有し、前記導体の凹部の最も窪んだ領域と、前記導体の凹部に略沿った形状の前記導電性金属層の凹部の最も窪んだ領域とは、前記基板の面に垂直な方向に見て同じ位置にある構成である。

【0143】

それゆえ、前記導電性金属層での磁場変化による渦電流の方向を前記導体の凹部に略沿った形状の凹部により前記狭窄部の電流の方向と同一方向とすることができ、渦電流による磁界および狭窄部に流れる電流による磁界が強めあうので、狭窄部近傍における磁界の強さを強くすることができるという効果を奏する。

【0144】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記狭窄部は、前記導体の電流方向に対する両側端部のそれぞれから一つずつ積層面上を延びるように窪ませた凹部が互いに向かい合うことによって形成されており、前記導電性金属層は、前記導体の一方の凹部側から前記導体の各凹部に沿って延びる一つの凹部を有し、前記導電性金属層の凹部の最も窪んだ領域が前記導体の他方の凹部側に位置している構成である。

【0145】

それゆえ、前記導電性金属層での磁場変化による渦電流の方向を、前記導体の凹部に沿った凹部により前記狭窄部の一方の側面において、電流の方向と同一方向とすることができるので、前記狭窄部で発生する磁界の位置を選択できるという効果を奏する。

【0146】

本発明の電磁界発生素子は、以上のように、上記の構成に加えて、前記光源が半導体レーザ素子であって、前記半導体レーザ素子と前記導体とが一体化形成さ

れた構成である。

【0147】

それゆえ、光源として半導体レーザの光による近接場を発生することができ、半導体レーザ素子に一体化形成するので、電磁界発生素子の信頼性向上および生産性向上を実現することができるという効果を奏する。

本発明の情報記録再生ヘッドは、以上のように、前記電磁界発生素子と、光を検出する電磁界検出器とを備え、前記狭窄部からの近接場により前記情報記録媒体を昇温して前記狭窄部で発生する磁界により情報記録媒体の所定の位置に情報を記録する、または、近接場により昇温された前記情報記録媒体の記録情報を前記光源から前記狭窄部に照射された光の反射光を前記電磁界検出器が検出することにより得て情報を再生する構成である。

【0148】

それゆえ、情報記録媒体の微小領域を昇温することにより記録または再生する、近接場による光アシスト磁気記録再生であって、狭窄部で発生する近接場により効率よく情報記録媒体を昇温することができ、狭窄部近傍で発生する強い磁界による磁気記録が可能であり、また、近接場によって昇温された情報記録媒体に記録されている磁気信号による電気分極情報を光源から狭窄部に照射された光の反射光を電磁界検出器が検出することにより得て、情報記録媒体に記録されている情報を再生することができる。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した情報記録再生ヘッドを提供できるという効果を奏する。また、光の回折限界を越えた微小領域での近接場による光アシスト磁気記録再生のための情報記録再生ヘッドを実現することができるという効果を奏する。また、強い近接場を得ることができるので、高保磁力を有する情報記録媒体に対する記録または再生を行う情報記録再生ヘッドを提供することができるという効果を奏する。

【0149】

本発明の情報記録再生装置は、以上のように、前記情報記録再生ヘッド情報記録再生ヘッドと、前記情報記録再生ヘッドを前記情報記録媒体の所定の位置へ移

動させる移動手段とを備えた構成である。

【0150】

それゆえ、情報記録媒体の所望の位置に情報記録再生ヘッドを移動することができ、情報記録媒体の所望の位置において、情報記録媒体の微小領域を昇温することにより記録または再生する、近接場による光アシスト磁気記録再生であって、狭窄部で発生する近接場により効率よく情報記録媒体を昇温することができ、狭窄部近傍で発生する強い磁界による磁気記録が可能であり、また、近接場によって昇温された情報記録媒体に記録されている磁気信号による電気分極情報を前記光源からの光の反射光を電磁界検出器が検出することにより得て、情報記録媒体に記録されている情報を再生することができる。従って、従来技術のようにヨーク延長部による所望の位置での磁界発生を行わなくて済むので、ヨーク延長部を用いた場合のような磁界の減衰または遅延が少ないので、高周波磁気記録再生に適した情報記録再生装置を提供できるという効果を奏する。また、光の回折限界を越えた微小領域での近接場による光アシスト磁気記録再生のための情報記録再生装置を実現することができるという効果を奏する。また、強い近接場を得ることができるので、高保磁力を有する情報記録媒体に対する記録または再生を行う情報記録再生装置を提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明における第1の実施の形態に係わる電磁界発生素子の構成を示す図であり、(a)は上面図、(b)は断面図である。

【図2】

図1の電磁界発生素子が備える狭窄部の拡大図である。

【図3】

本発明における第1の実施の形態に係わる変形例1の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。

【図4】

本発明における第1の実施の形態に係わる変形例2の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。

【図 5】

本発明における第 1 の実施の形態に係わる変形例 3 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。

【図 6】

本発明における第 1 の実施の形態に係わる変形例 4 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。

【図 7】

本発明における第 2 の実施の形態に係わる電磁界発生素子の構成および電磁界検出器の配置を示す断面図である。

【図 8】

本発明の第 2 の実施の形態に係わる変形例 1 の電磁界発生素子の構成および電磁界検出器の配置を示す断面図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施の形態に係わる変形例 2 の電磁界発生素子の構成および電磁界検出器の配置を示す断面図である。

【図 10】

本発明の第 2 の実施の形態に係わる変形例 3 の電磁界発生素子の構成および電磁界検出器の配置を示す断面図である。

【図 11】

本発明の第 2 の実施の形態に係わる、半導体レーザ素子に一体化形成された電磁界発生素子の構成を示す図であり、(a) は斜視図、(b) は断面図である。

【図 12】

本発明の第 2 の実施の形態に係わる、半導体レーザ素子に一体化形成された電磁界発生素子の変形例の構成を示す図であり、(a) は上面図、(b) は断面図である。

【図 13】

本発明の第 3 の実施の形態に係わる電磁界発生素子の構成を示す図であり、(a) は斜視図、(b) は上面図、(c) は断面図である。

【図 14】

(a) ないし (d) は、図 13 の電磁界発生素子の製造工程を示す工程図である。

【図 15】

本発明の第 3 の実施の形態に係わる電磁界発生素子の他の構成を示す上面図である。

【図 16】

本発明の第 4 の実施の形態に係わる電磁界発生素子の構成を示す断面図である。

【図 17】

本発明の第 4 の実施の形態に係わる変形例 1 の電磁界発生素子の構成を示す断面図である。

【図 18】

本発明の第 4 の実施の形態に係わる変形例 2 の電磁界発生素子の構成を二種類示す図であり、(a) は二種類の電磁界発生素子に共通の断面図、(b) は一種類目の電磁界発生素子の上面図、(c) は二種類目の電磁界発生素子の上面図である。

【図 19】

本発明の第 4 の実施の形態に係わる変形例 3 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。

【図 20】

本発明の第 4 の実施の形態に係わる変形例 4 の電磁界発生素子の構成を示す上面図である。

【図 21】

本発明の第 5 の実施の形態に係わる情報記録再生ヘッドの構成を示す斜視図である。

【図 22】

図 21 の情報記録再生ヘッドにより記録トラックへの高密度記録を磁気記録媒体上で行っていることを示す図であり、(a) は断面図、(b) は平面図である。

【図 2 3】

本発明の実施の形態 6 に係る情報記録再生装置の主要部の構成を示す斜視図である。

【図 2 4】

図 2 3 の情報記録再生装置の記録再生系の構成を示すブロック図である。

【図 2 5】

本発明の実施の形態 6 に係る情報記録再生装置の他の構成例における記録再生系の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

- | | |
|--|-----------------|
| 10 | 基板 |
| 11、31、41、51、61、62 | |
| | 導体 |
| 12 | 狭窄部 |
| 14、255 | レーザ光発生部（光源） |
| 16 | レーザ出射光（光） |
| 17、17a、17b、17c、17d、161、162、163、164、165 | |
| | 電磁界発生素子 |
| 18、38、40a、40b、40c、58a、58b、68a、68b | |
| | 電流 |
| 75、256 | レーザ光検出部（電磁界検出器） |
| 93 | 光導波路（絶縁層） |
| 110 | 半導体レーザ素子 |
| 130 | 金属微粒子層 |
| 130a | 金属微粒子 |
| 170 | 軟磁性層 |
| 180、180a、180b | |
| | 導電性金属層 |
| 190、190a、190b、190c、190d、190e、190f | |

凹部（導電性金属層の凹部）

2 1 3

情報記録再生ヘッド

2 2 1

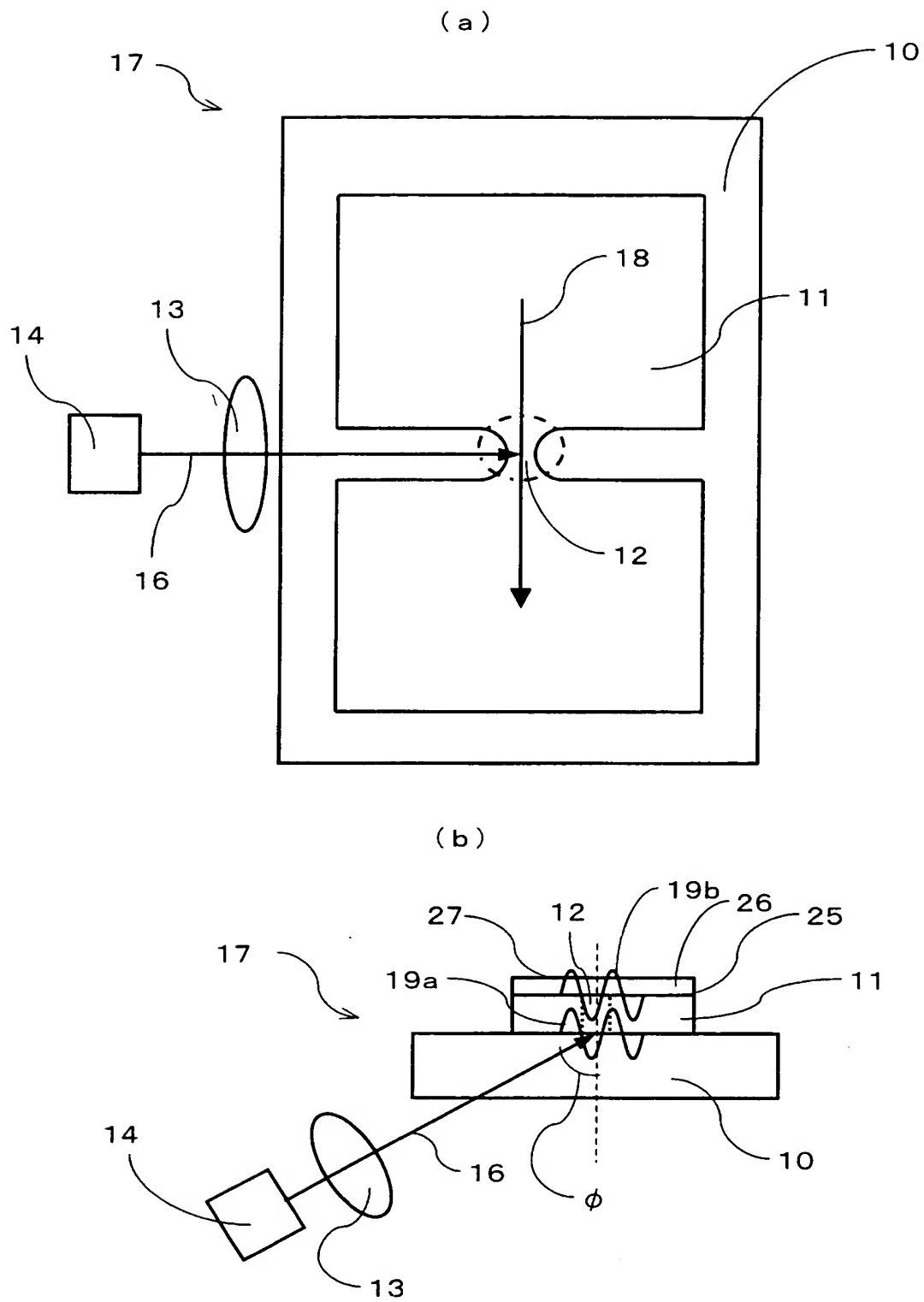
情報記録再生装置

2 2 5

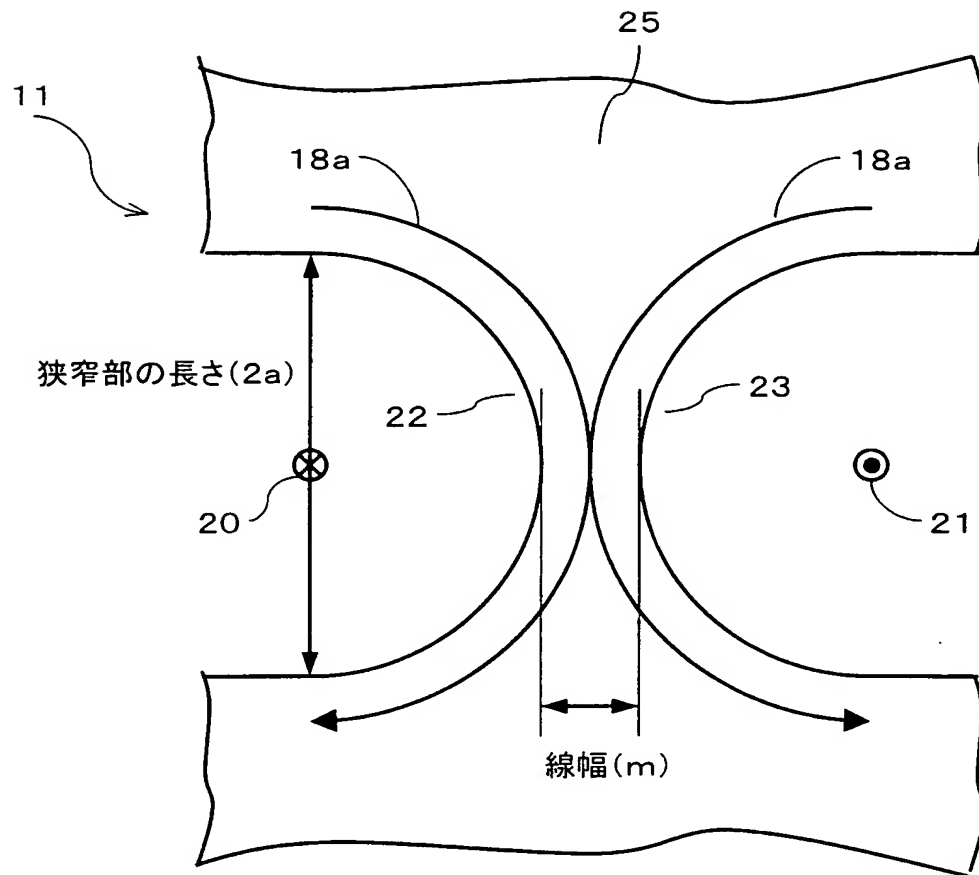
アクチュエータ（移動手段）

【書類名】 図面

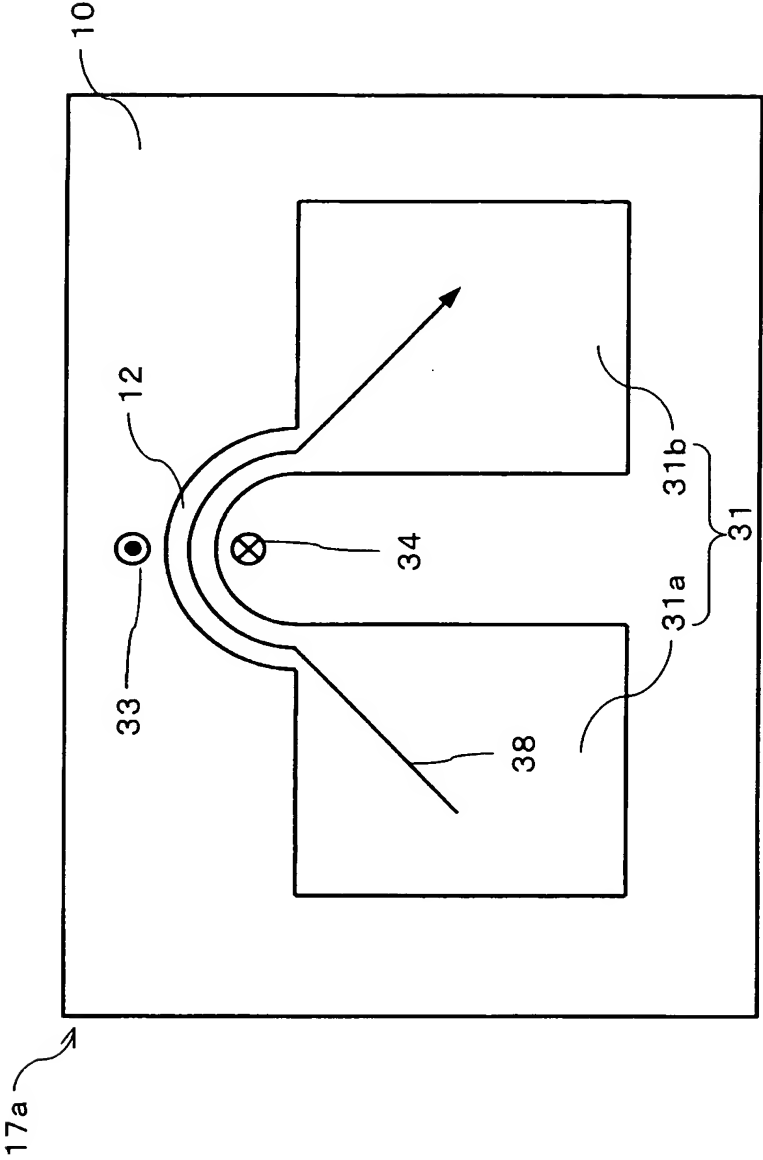
【図 1】



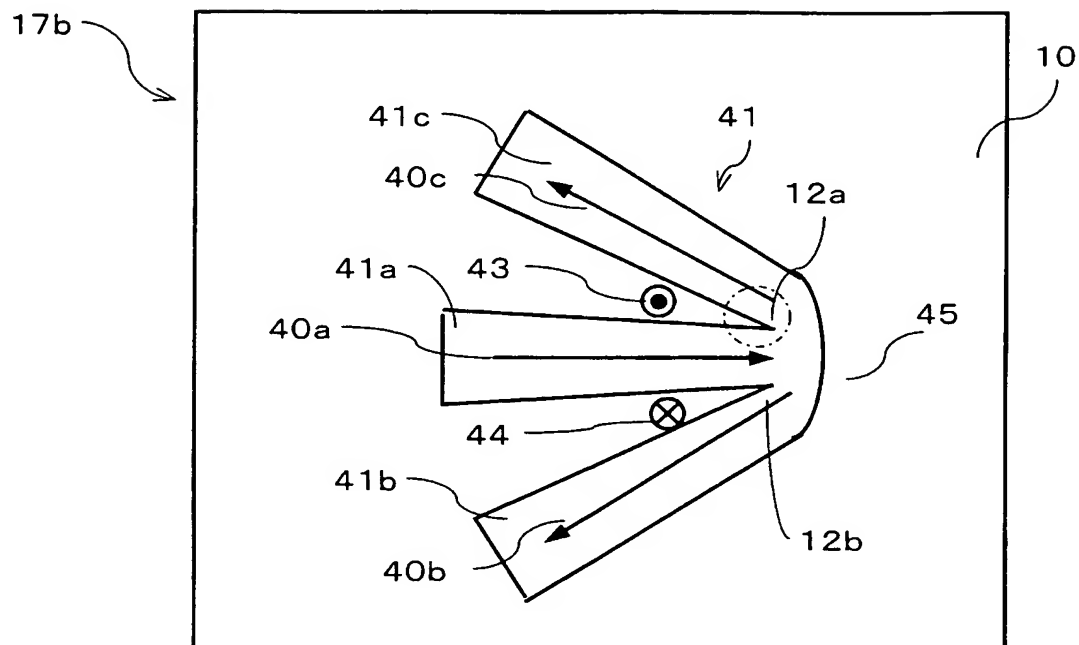
【図 2】



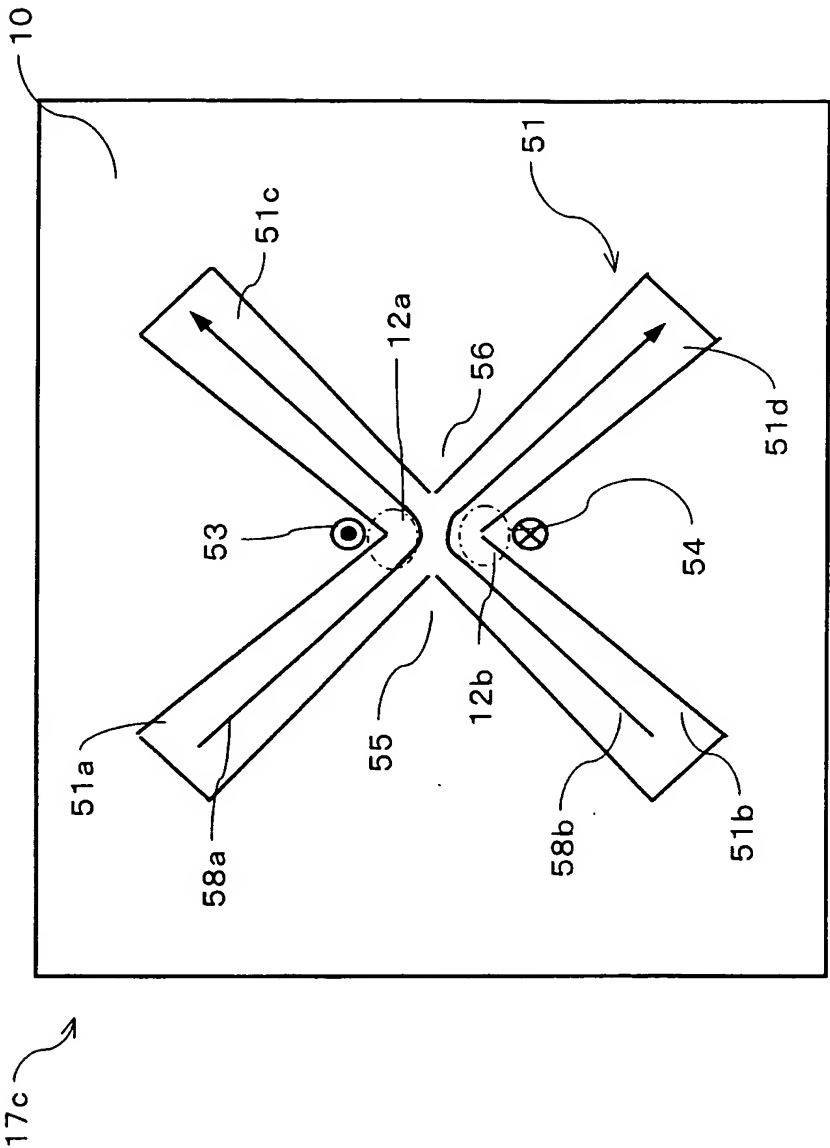
【図 3】



【図 4】

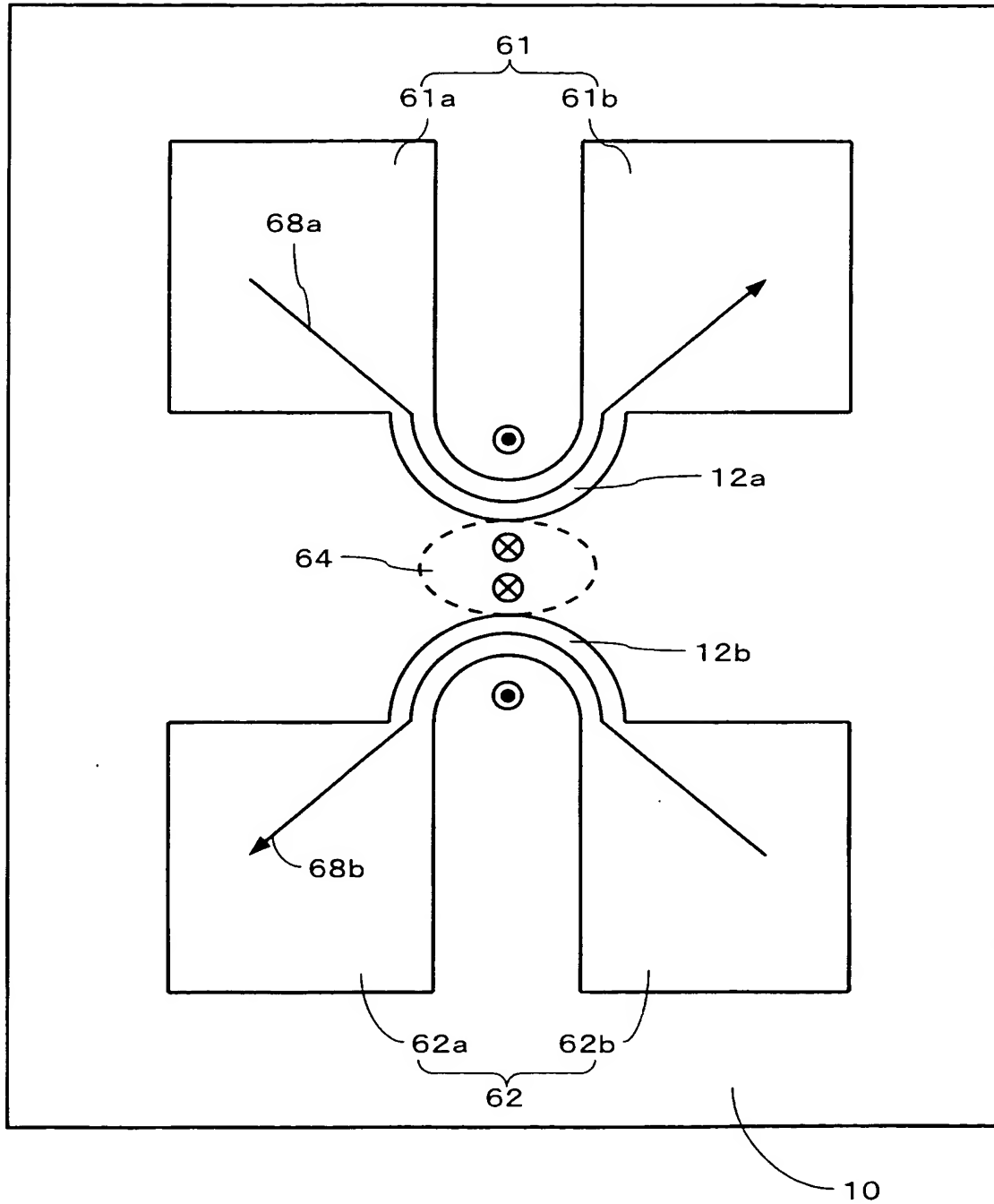


【図 5】

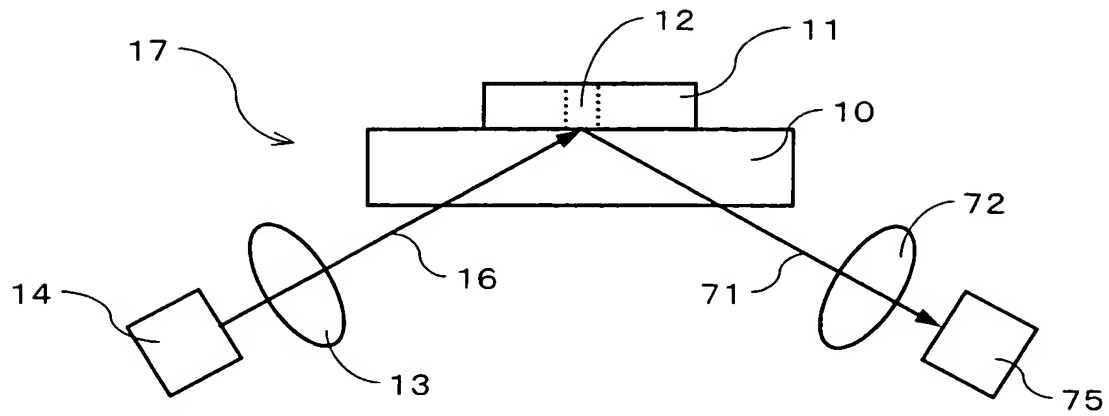


【図 6】

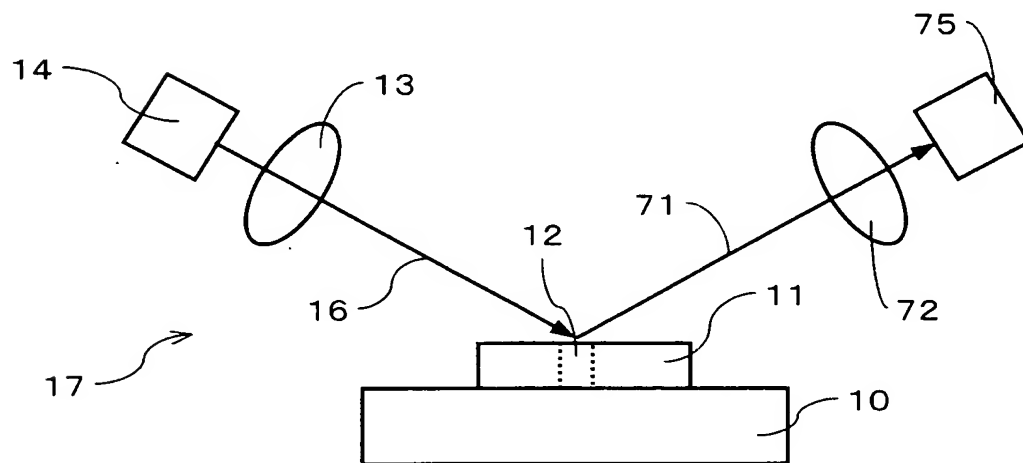
17d



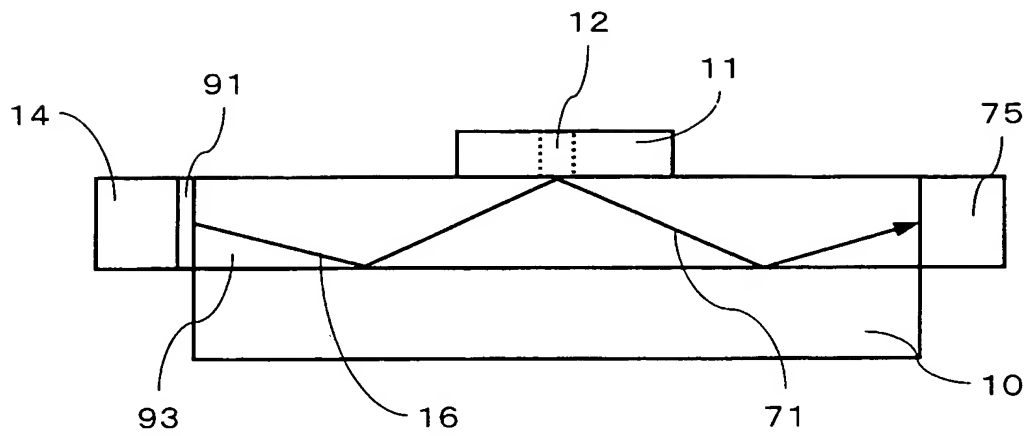
【図 7】



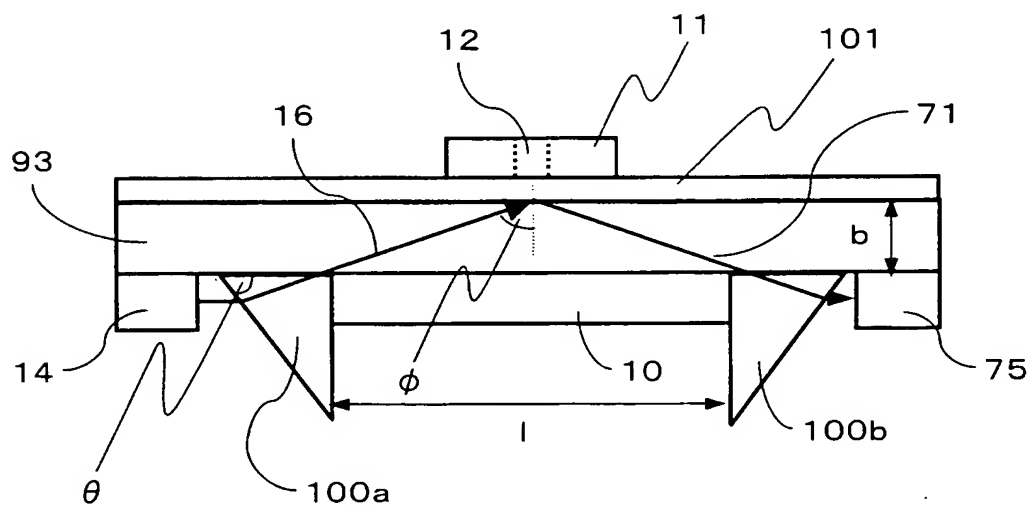
【図 8】



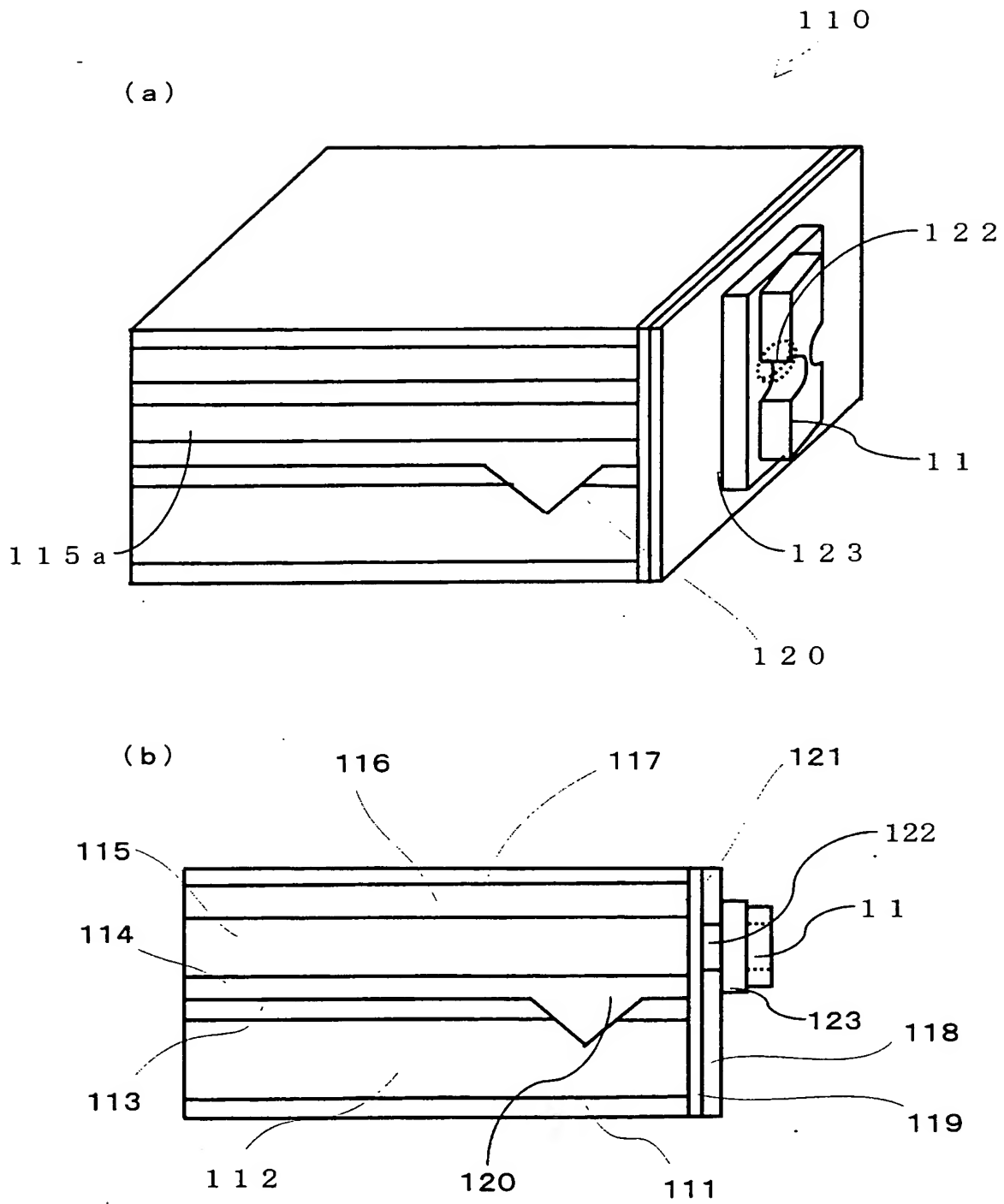
【図 9】



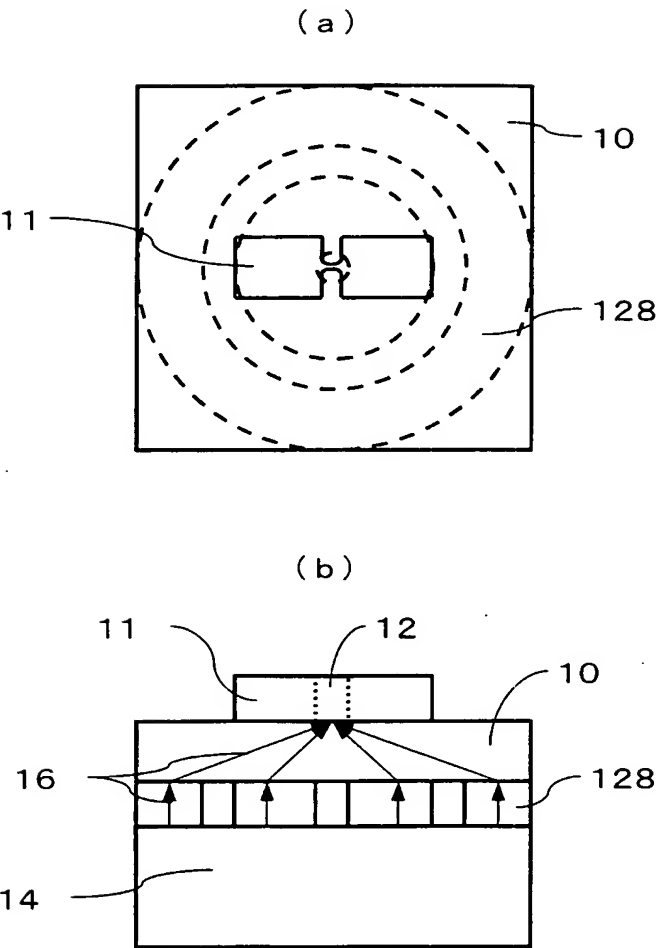
【図 10】



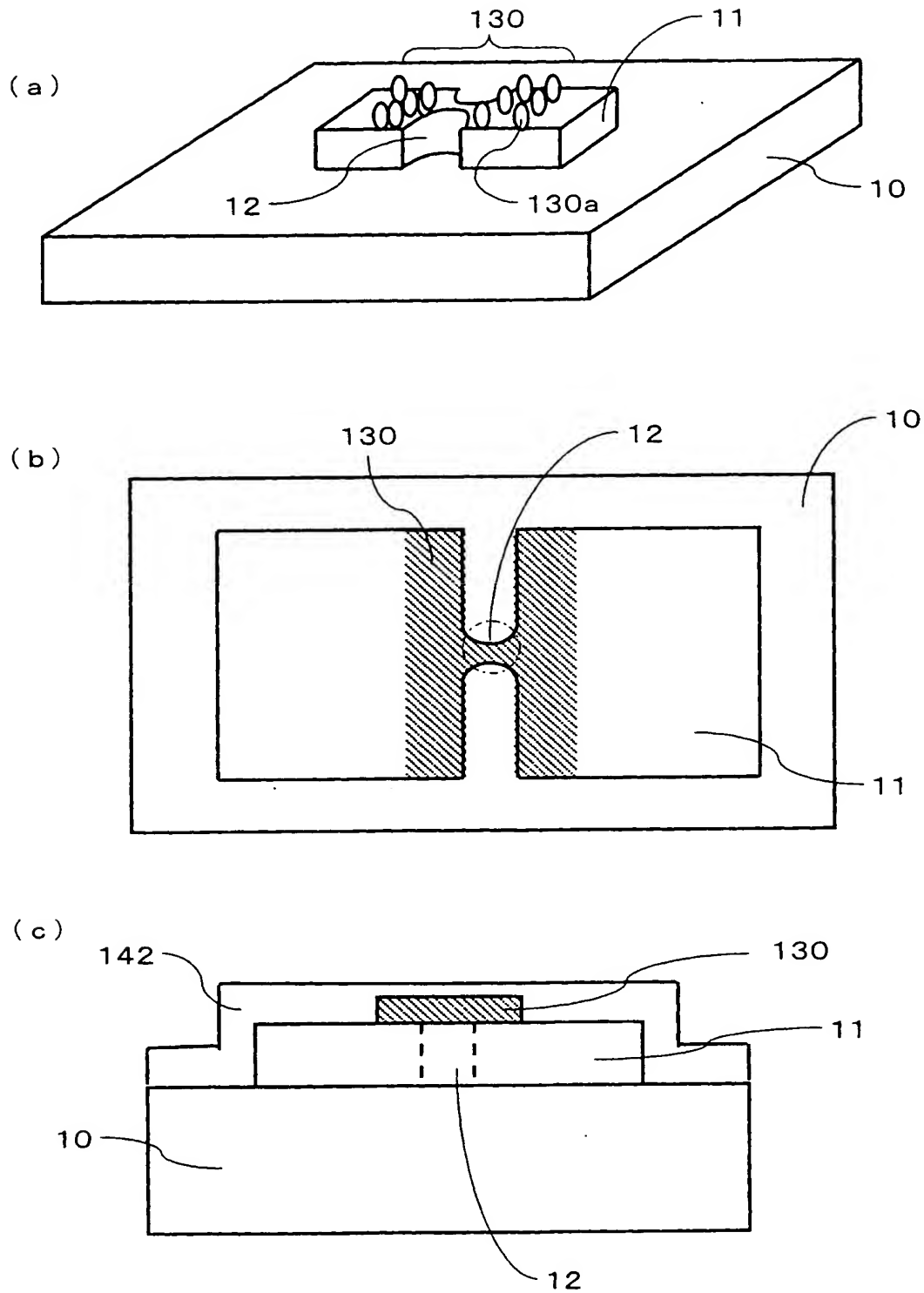
【図 11】



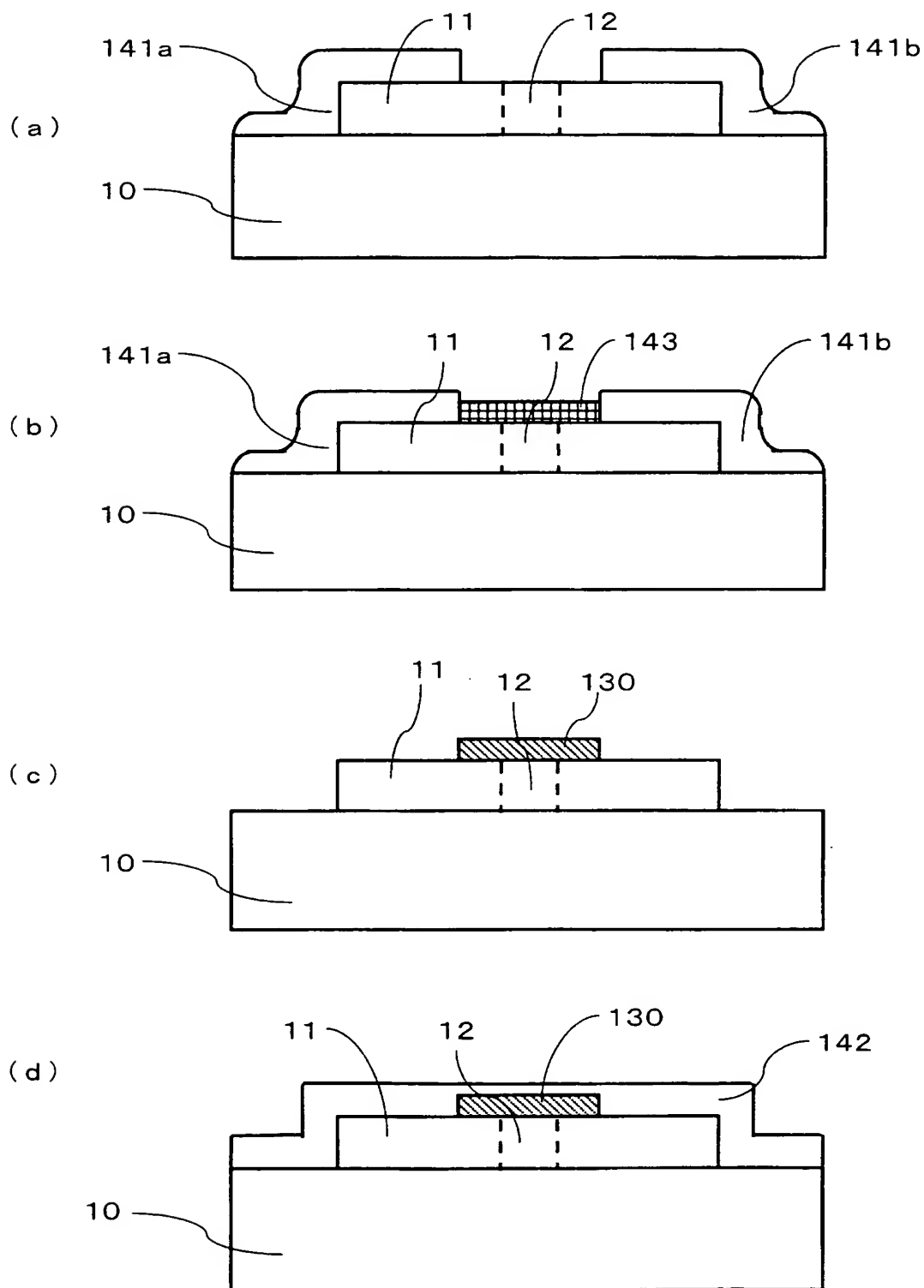
【図 12】



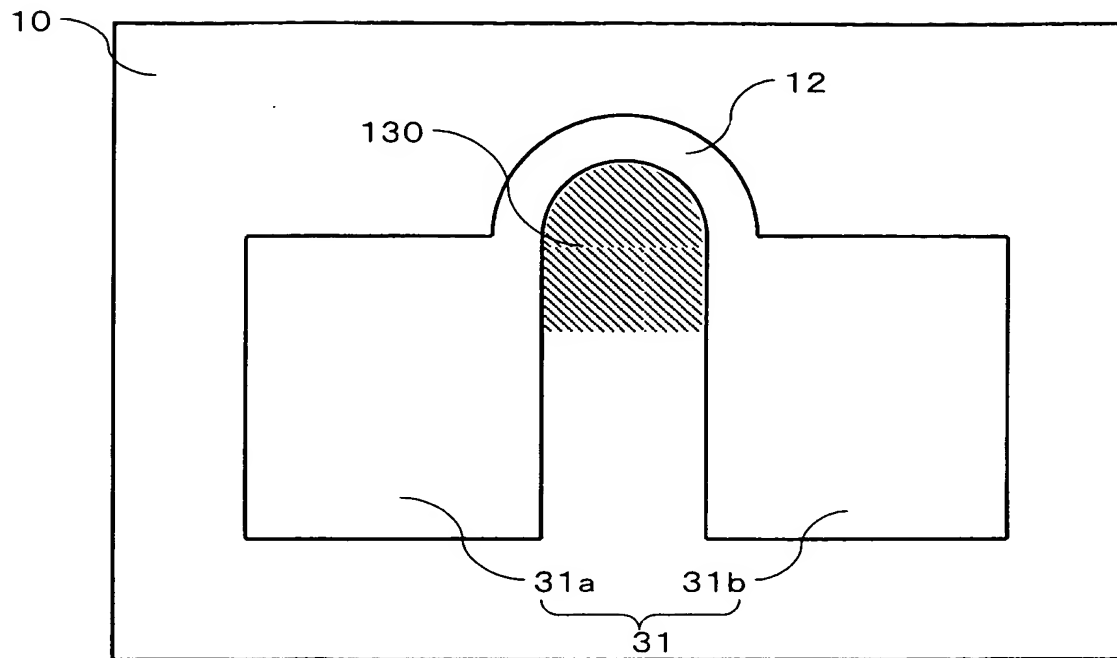
【図 13】



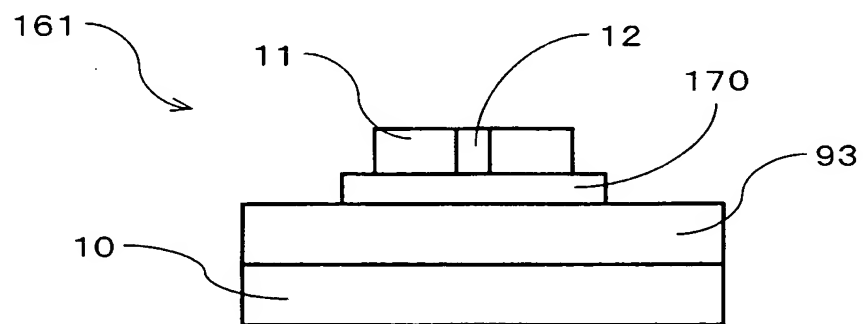
【図14】



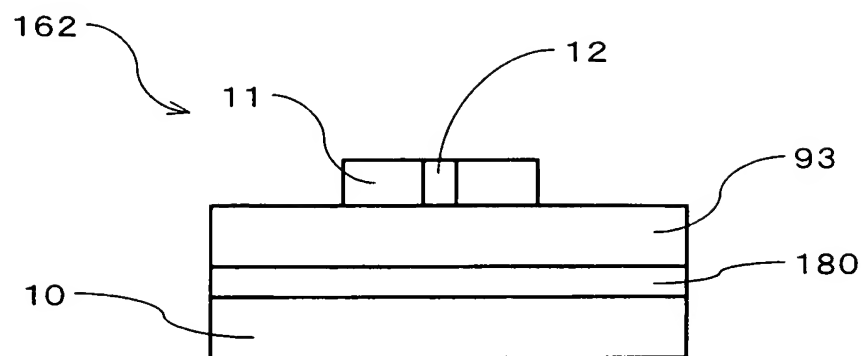
【図 15】



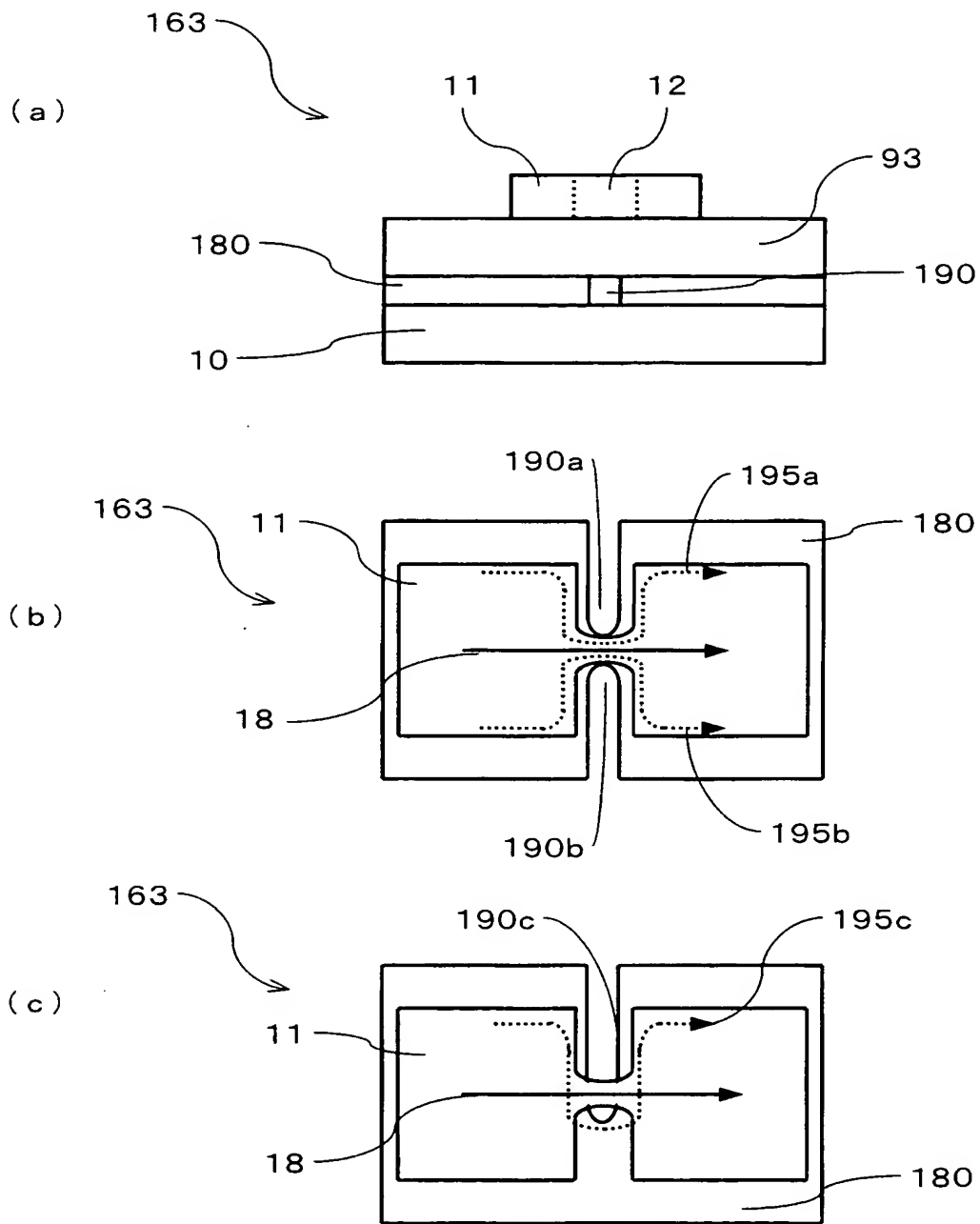
【図 16】



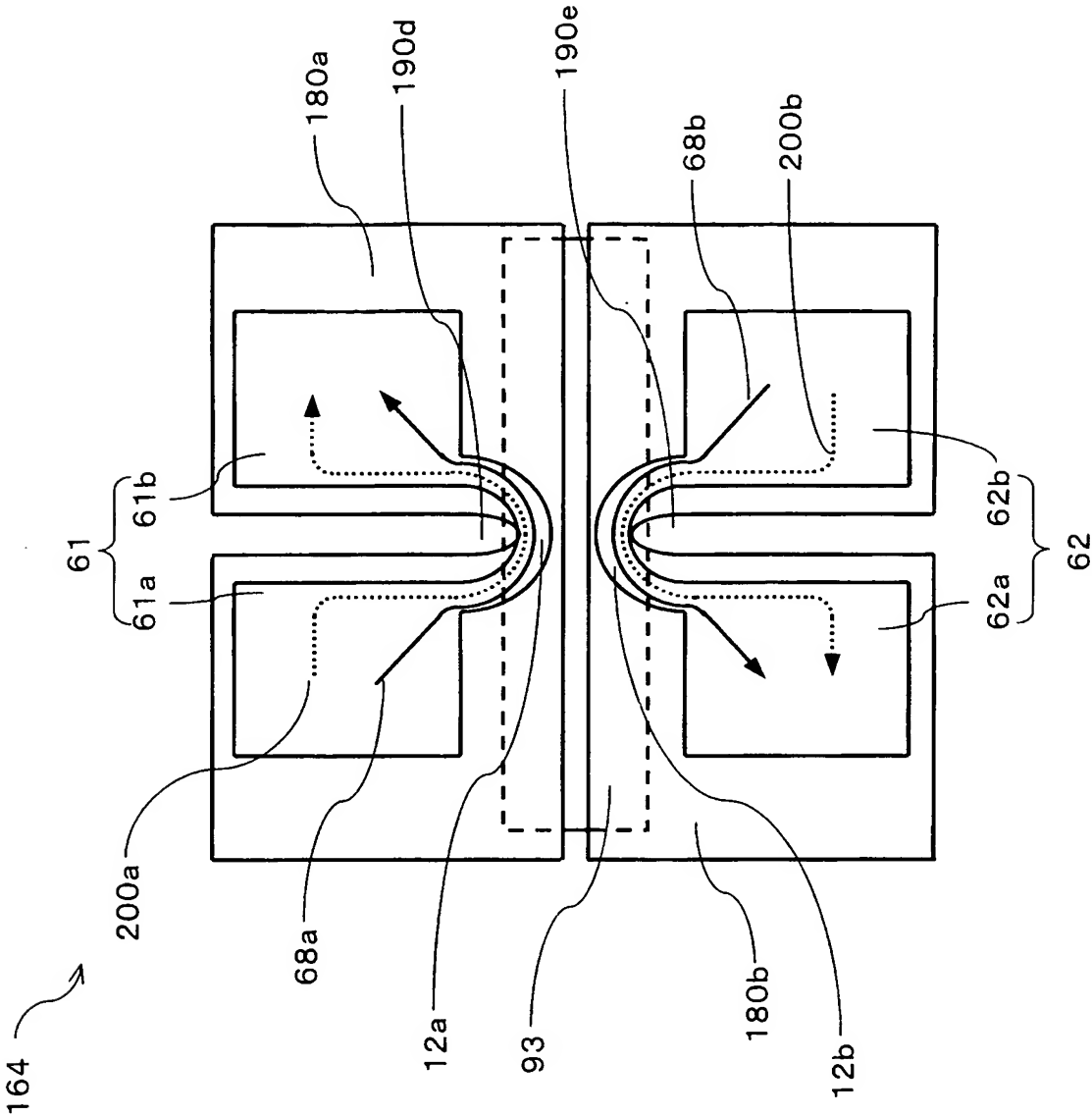
【図 17】



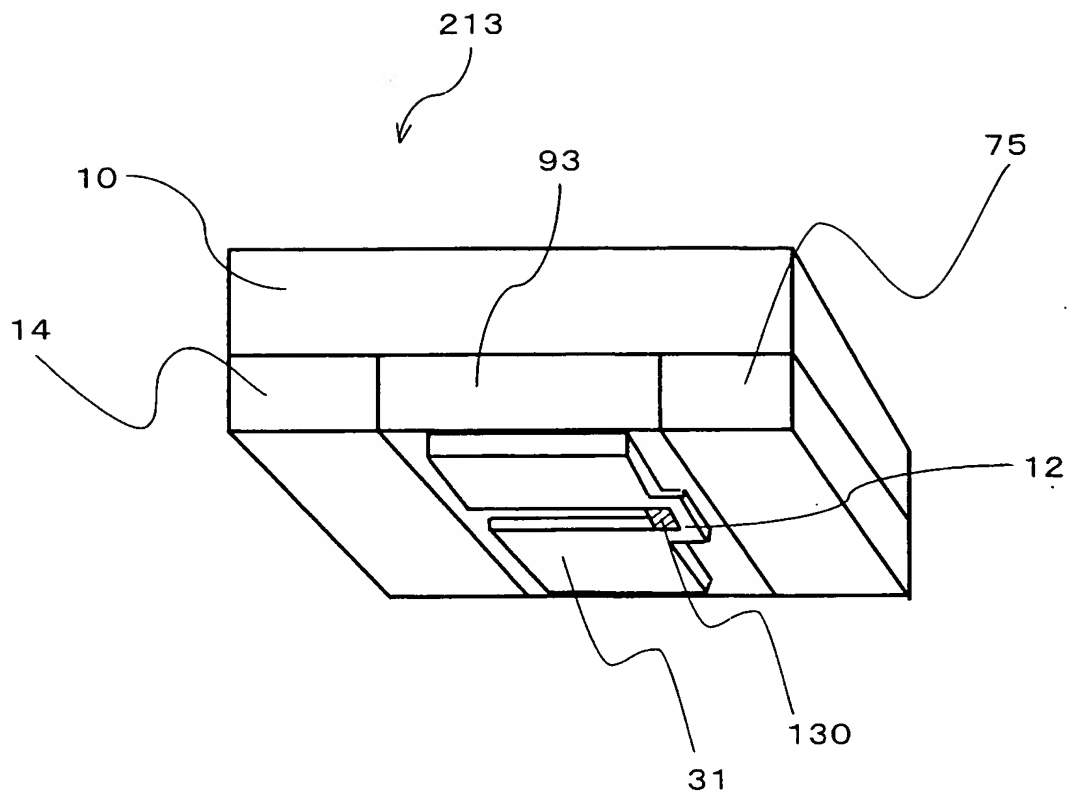
【図 18】



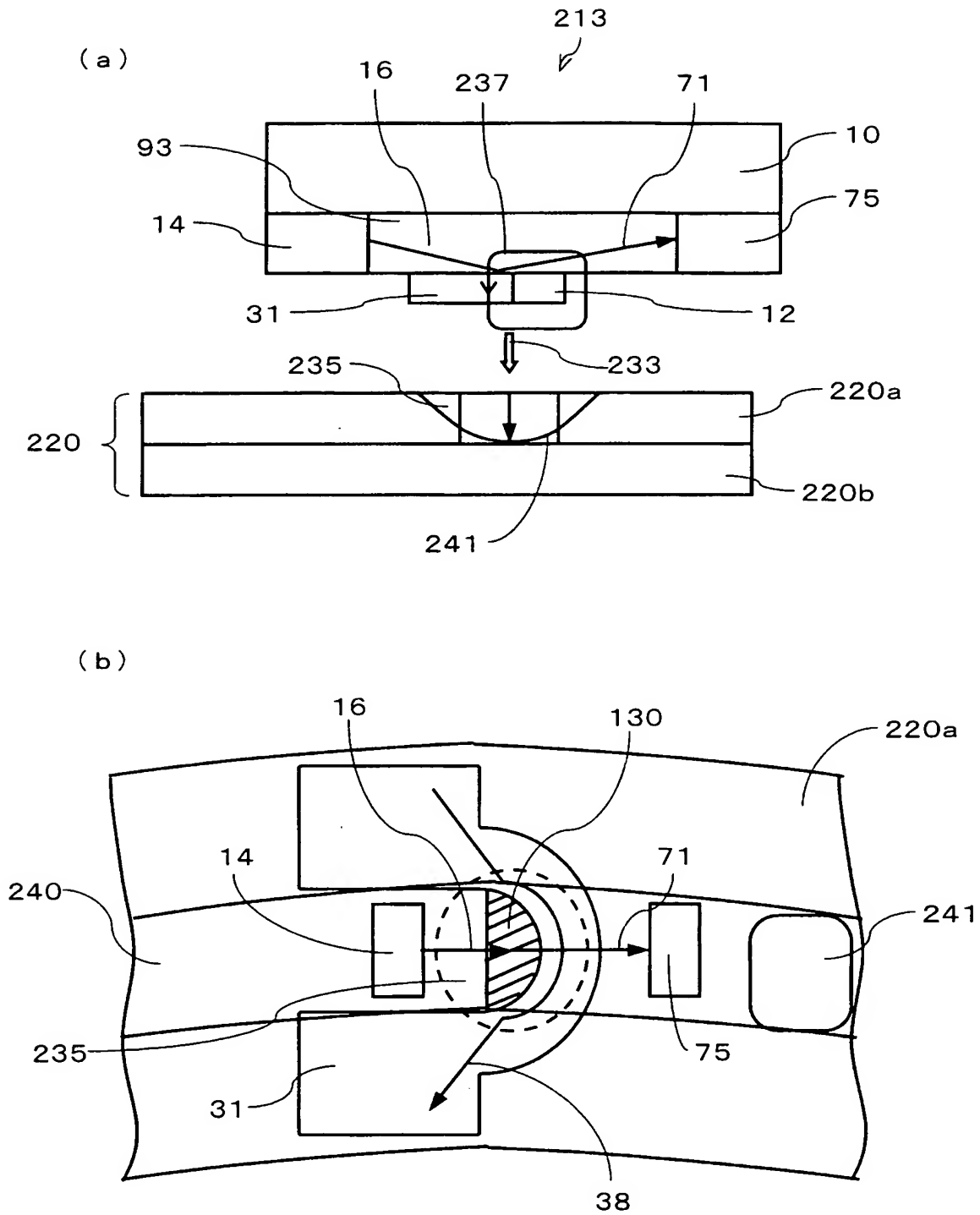
【図 19】



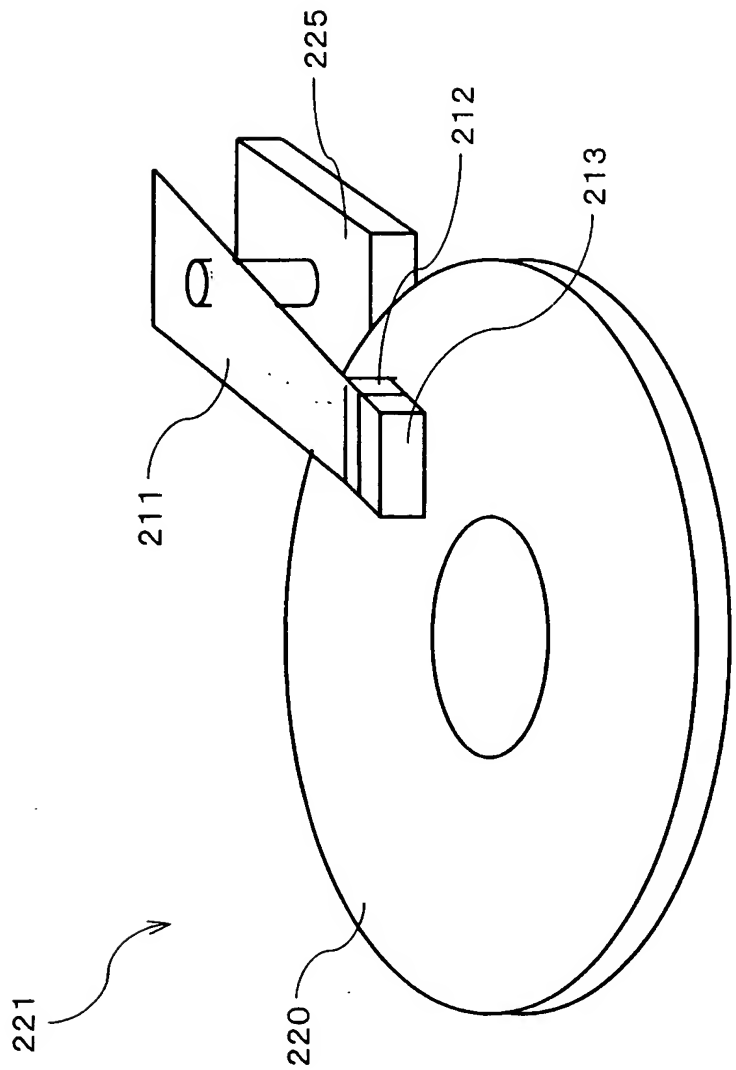
【図 21】



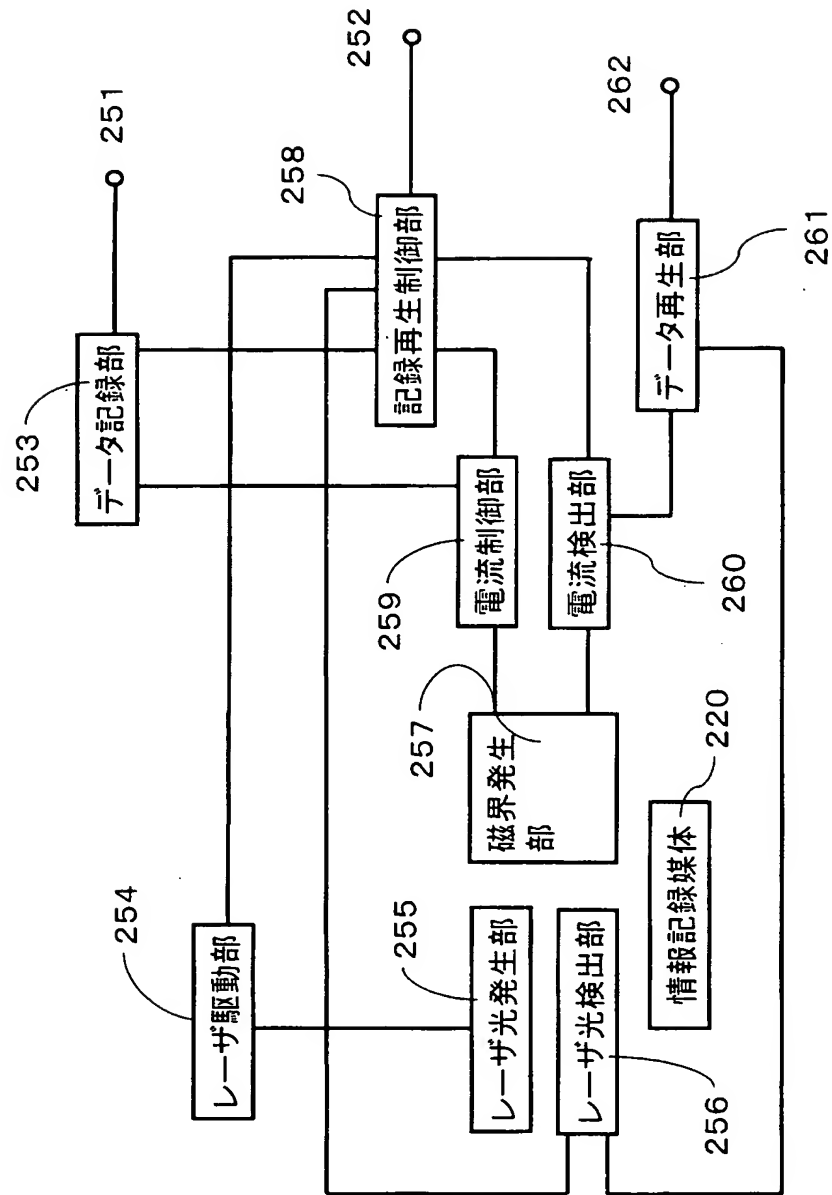
【図 22】



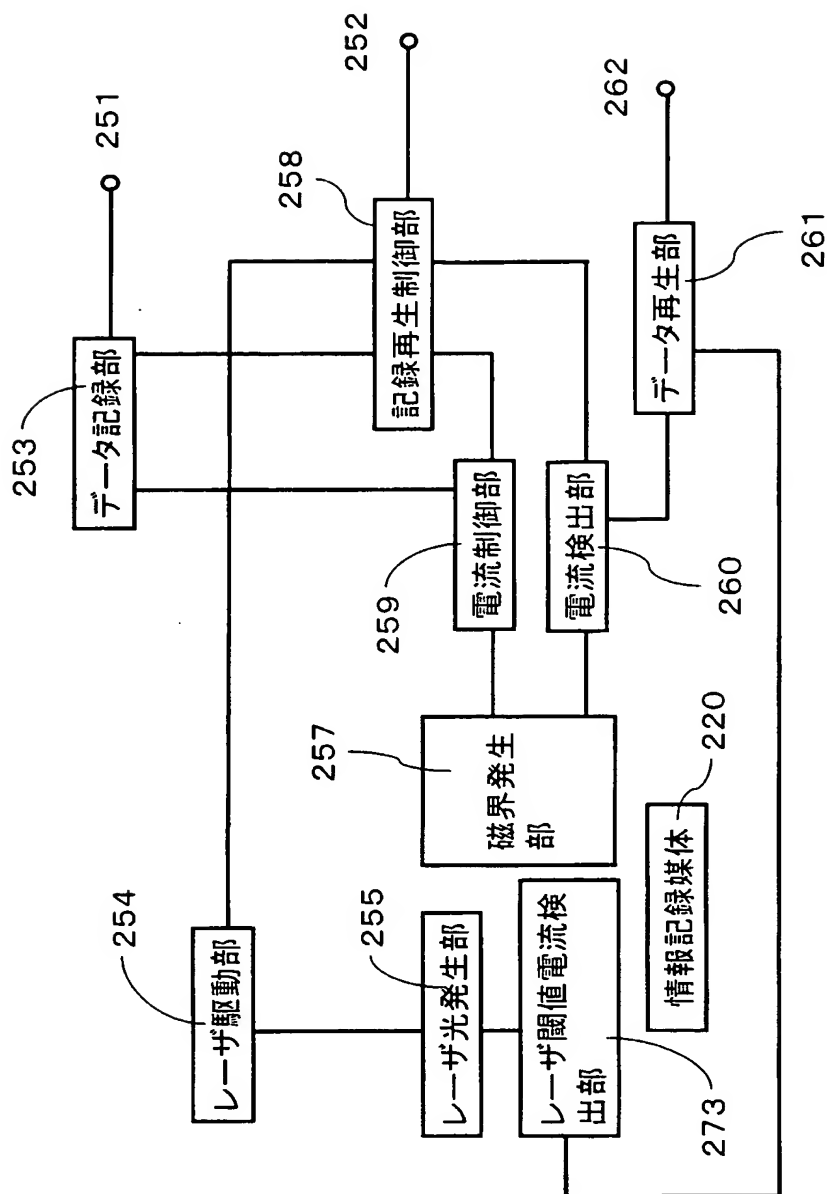
【図 23】



【図 24】



【図 25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 近接場による光アシスト磁気記録再生の高周波磁気記録再生において、磁界の減衰または遅延を低減させることができる電磁界発生素子、情報記録再生ヘッドおよび情報記録再生装置を提供する。

【解決手段】 本発明の電磁界発生素子 17 は、電流 18 が導体 11 を流れると、狭窄部 12 の表面 25 の面に対して平行な磁界を発生し、狭窄部 12 にレーザー出射光 16 が基板 10 側から照射されることにより、狭窄部 12 の表面 25 の面に対して垂直な電界ベクトルによる表面プラズモンが励起され、基板 10 と狭窄部 12 との界面に対向した表面 25 から近接場が発生する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 9 2 3 8 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社